

# CHỦ ĐỀ

## DAO ĐỘNG TẮT DẦN, DAO ĐỘNG DUY TRÌ DAO ĐỘNG CƯỜNG BỨC

### 9

#### I. DAO ĐỘNG TẮT DẦN DƯỚI TÁC DỤNG CỦA LỰC MA SÁT

##### 1. Con lắc lò xo nằm ngang

###### a. Khảo sát chuyển động của vật

Chọn gốc tọa độ O là tại vị trí mà lò xo không bị biến dạng

+ Phương trình định luật II Newton cho vật khi nó đang ở vị trí có li độ x và chuyển động theo chiều dương:

$$\vec{N} + \vec{P} + \vec{F}_{ms} + \vec{F}_{dn} = m\vec{a}$$

Theo trục Ox:  $-kx - \mu mg = mx'' \Leftrightarrow \frac{m}{k}x'' + \left(x + \frac{\mu mg}{k}\right) = 0$ , ta đặt

$$X = x + \frac{\mu mg}{k} \Rightarrow x'' = X''$$

Phương trình trên trở thành  $X'' + \frac{k}{m}X = 0 \Rightarrow X = A\cos(\omega t + \varphi)$  hay  $x = A\cos(\omega t + \varphi) - \frac{\mu mg}{k}$

Một cách tổng quát hơn, phương trình li độ của vật dao động tắt dần là:  $x = A\cos(\omega t + \varphi) \pm \frac{\mu mg}{k}$

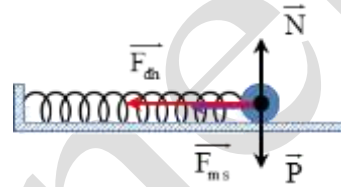
Trong đó:

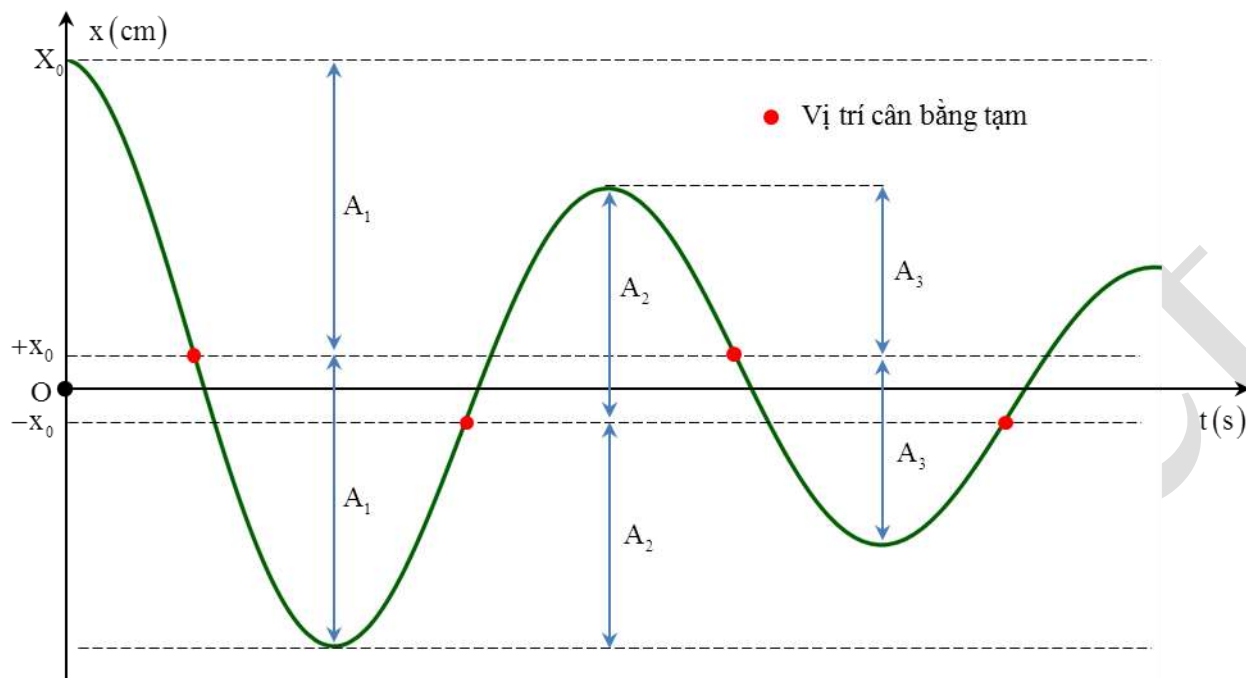
- $x_2 = A\cos(\omega t + \varphi) - \frac{\mu mg}{k}$  ứng với trường hợp vật chuyển động theo chiều dương
- $x_2 = A\cos(\omega t + \varphi) + \frac{\mu mg}{k}$  ứng với trường hợp vật chuyển động theo chiều âm

Từ phương trình trên ta có thể đi đến kết luận rằng:

- Khi vật chuyển động theo chiều dương của trục Ox thì vị trí cân bằng của vật sẽ lệch về phía tọa độ âm một đoạn  $\frac{\mu mg}{k}$
- Khi vật chuyển động theo chiều âm của trục Ox thì vị trí cân bằng của vật sẽ lệch về phía tọa độ dương một đoạn  $\frac{\mu mg}{k}$

+ Vật vẫn “dao động” với chu kỳ  $T = \frac{2\pi}{\omega}$





### b. Tốc độ cực đại của con lắc trong quá trình vật dao động

+ Vật dao động tắt dần thì cơ năng của vật sẽ giảm dần theo thời gian, kết quả là vật sẽ có tốc độ lớn nhất khi nó đang di chuyển trong khoảng một phần tư chu kỳ thứ nhất:

Gọi  $x$  là vị trí của vật, áp dụng định luật bảo toàn cơ năng:  $\frac{1}{2}kX_0^2 = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2 + \mu mg(X_0 - x)$

$$\Rightarrow v^2 = \frac{k}{m}(X_0^2 - x^2) - 2\mu g(X_0 - x)$$

Đạo hàm hai vế theo  $x$ :  $2v \frac{dv}{dx} = -\frac{2k}{m}x + 2\mu g$

Tại vị trí tốc độ của vật đạt cực đại thì  $\frac{dv}{dx} = 0 \Rightarrow x_0 = \frac{\mu mg}{k}$

Thay kết quả của  $x$  vào biểu thức của  $v$  ta thu được:  $v_{\max} = \omega(X_0 - x_0)$

Vậy trong dao động tắt dần của con lắc lò xo dưới tác dụng của lực ma sát, vật sẽ đạt tốc độ cực đại đi qua vị trí cân bằng lần thứ nhất và tốc độ cực đại khi đó là  $\omega(X_0 - x_0)$  trong đó  $X_0$  là li độ do cách kích thích ban đầu

## 2. Con lắc đơn

### a. Khảo sát chuyển động của vật

Trong quá trình dao động của con lắc, vật nặng chịu tác dụng của ba lực:

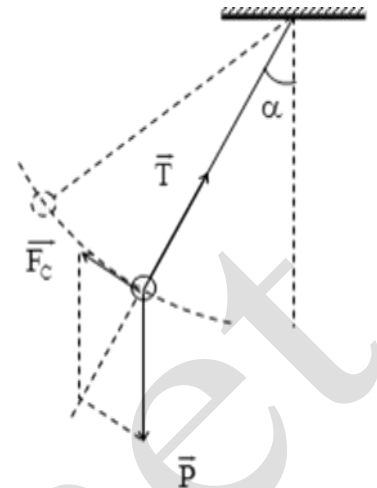
- + Lực căng dây  $\vec{T}$  hướng theo phương của sợi dây về điểm treo
- + Trọng lực  $\vec{P}$  luôn có phương thẳng đứng hướng xuống dưới
- + Lực cản của môi trường  $\vec{F}_c$  có phương tiếp tuyến với quỹ đạo, chiều ngược chiều chuyển động

Phương trình định luật II Newton cho vật trong quá trình chuyển động của con lắc:  $\vec{P} + \vec{T} + \vec{F}_c = m\vec{a}$

Một cách tương tự như dao động tắt dần của con lắc lò xo, trong quá trình dao động của con lắc đơn, con lắc có hai vị trí cân bằng, hai vị trí này cách

góc tọa độ O một đoạn  $s$  sao cho:  $\sin \alpha = \frac{F_c}{P}$

Trong trường hợp  $\alpha$  nhỏ thì  $\sin \alpha \approx \alpha$  do vậy  $s = l\alpha = \frac{lF_c}{P}$



### b. Tốc độ cực đại của con lắc trong quá trình dao động:

Vật đạt tốc độ cực đại khi đi qua vị trí cân bằng lần thứ nhất

Áp dụng định luật bảo toàn cơ năng ta có:  $\frac{1}{2}mv_{\max}^2 + \frac{1}{2}mgl\alpha^2 = \frac{1}{2}mgl\alpha_0^2 - F_c l(\alpha_0 - \alpha)$

Với  $\alpha = \frac{F_c}{P}$  thay vào biểu thức trên ta thu được:  $v_{\max} = \sqrt{gl \left( \alpha_0 - \frac{F_c}{mg} \right)}$

## II. DAO ĐỘNG CƯỜNG BỨC – CỘNG HƯỞNG:

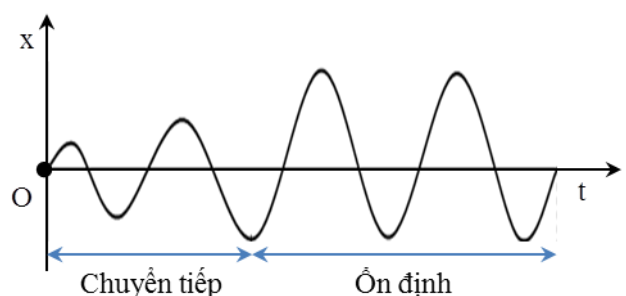
### 1. Định nghĩa:

Tác dụng một ngoại lực điều hòa  $F = F_0 \cos \Omega t$  lên một vật đứng yên ở vị trí cân bằng

Người ta chứng minh rằng, chuyển động của vật dưới tác dụng của ngoại lực này được chia thành hai giai đoạn

+ Giai đoạn chuyển tiếp: trong giai đoạn này dao động của hệ chưa ổn định, biên độ tăng dần

+ Giai đoạn ổn định: giai đoạn này biên độ không đổi, giai đoạn này kéo dài cho đến khi ngoại lực điều hòa ngừng tác dụng



Dao động của vật trong giai đoạn ổn định gọi là dao động cưỡng bức. Lý thuyết và thực nghiệm chứng tỏ rằng:

+ Dao động cưỡng bức là dao động điều hòa

+ Tần số của dao động cưỡng bức bằng tần số  $\Omega$  của ngoại lực

+ Biên độ của dao động cưỡng bức tỉ lệ thuận với biên độ  $F_0$  của ngoại lực và phụ thuộc vào tần số  $\Omega$  của ngoại lực

## 2. Cộng hưởng:

Khi biên độ dao động cưỡng bức A đạt cực đại, người ta nói rằng có hiện tượng cộng hưởng

Điều kiện để xảy ra hiện tượng cộng hưởng là tần số của ngoại lực bằng tần số dao động riêng của hệ  $\Omega = \omega_0$

## 3. Ảnh hưởng của ma sát:

Đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc của biên độ A của dao động cưỡng bức trong trường hợp hệ dao động và ngoại lực là giống nhau

(1) môi trường có ma sát nhớt nhỏ

(2) môi trường có ma sát nhớt lớn hơn

⇒ Ma sát giảm thì giá trị cực đại của biên độ tăng, hiện tượng cộng hưởng xảy ra rõ nét hơn

	<b>Dao động cưỡng bức</b>	<b>Dao động duy trì</b>
<b>Khác nhau</b>	Tần số của dao động cưỡng bức luôn bằng tần số của ngoại lực	Tần số của ngoại lực được điều khiển để có giá trị bằng với tần số dao động riêng của hệ
<b>Giống nhau</b>	Đều chịu tác dụng của ngoại lực tuần hoàn theo thời gian	

**BÀI TẬP VẬN DỤNG**

**Câu 1:** Một vật dao động tắt dần có các đại lượng giảm liên tục theo thời gian:

- A. biên độ và gia tốc      B. li độ và gia tốc      C. biên độ và năng lượng      D. biên độ và tốc độ

**Câu 2:** Một con lắc lò xo gồm vật nhỏ có khối lượng 0,02 kg và lò xo có độ cứng 1 N/m. Vật nhỏ được đặt trên giá đỡ cố định, nằm ngang dọc theo trục của lò xo. Hệ số ma sát trượt giữa giá đỡ và vật nhỏ là 0,1. Ban đầu giữ vật ở vị trí lò xo bị nén 10 cm rồi buông nhẹ để con lắc dao động tắt dần. Lấy  $g = 10 \text{ m/s}^2$ . Tốc độ lớn nhất của vật nhỏ đạt được trong quá trình dao động là:

- A.  $10\sqrt{30}$  cm/s      B.  $20\sqrt{6}$  cm/s      C.  $40\sqrt{2}$  cm/s      D.  $40\sqrt{3}$  cm/s

**Câu 3:** Một chất điểm dao động cưỡng bức dưới tác dụng của một ngoại lực biến thiên điều hòa với tần số  $f$ . Chu kì của dao động là:

- A.  $\frac{1}{2\pi f}$       B.  $\frac{2\pi}{f}$       C.  $2f$       D.  $\frac{1}{f}$

**Câu 4:** Khi nói về dao động cưỡng bức phát biểu nào sau đây **đúng**:

- A. dao động cưỡng bức có biên độ không đổi và có tần số bằng tần số của lực cưỡng bức  
B. dao động cưỡng bức có tần số nhỏ hơn tần số của lực cưỡng bức  
C. biên độ của dao động cưỡng bức là biên độ của lực cưỡng bức  
D. dao động của con lắc đồng hồ là dao động cưỡng bức

**Câu 5:** Chọn câu **sai**:

- A. tần số của dao động cưỡng bức bằng tần số của ngoại lực tuần hoàn  
B. ngoại lực tác dụng lên quả lắc đồng hồ là trọng lực của nó  
C. quả lắc đồng hồ dao động với tần số bằng tần số riêng của nó  
D. tần số của dao động tự do là tần số riêng của nó

**Câu 6:** Con lắc lò xo gồm vật nhỏ có khối lượng  $m = 100 \text{ g}$ , lò xo có độ cứng  $k$  dao động cưỡng bức dưới tác dụng của ngoại lực biến thiên tuần hoàn. Khi tần số của ngoại lực là  $f_1 = 3 \text{ Hz}$  thì biên độ ổn định của con lắc là  $A_1$ . Khi tần số của ngoại lực là  $f_2 = 7 \text{ Hz}$  thì biên độ ổn định của con lắc là  $A_2 = A_1$ . Lấy  $\pi^2 = 10$ . Độ cứng của lò xo có thể là

- A. 20 N/m      B. 100 N/m      C. 10 N/m      D. 200 N/m

**Câu 7:** Một dao động riêng chịu tác dụng của một ngoại lực tuần hoàn để trở thành một dao động cưỡng bức. Kết luận nào sau đây **sai**:

- A. Lực cản môi trường càng lớn thì biên độ dao động cưỡng bức càng bé
- B. Biên độ ngoại lực càng lớn thì biên độ dao động cưỡng bức càng lớn
- C. Độ chênh lệch tần số dao động riêng với tần số ngoại lực càng lớn thì biên độ dao động càng bé
- D. Khi tần số của ngoại lực bằng với tần số dao động riêng thì biên độ dao động cưỡng bức là bé nhất

**Câu 8:** Một con lắc lò xo có độ cứng  $k = 10 \text{ N/m}$ , khối lượng của vật nặng bằng  $m = 200 \text{ g}$ , dao động trên mặt phẳng nằm ngang, được thả nhẹ từ vị trí lò xo giãn  $6 \text{ cm}$ . Hệ số ma sát trượt giữa con lắc và mặt phẳng là  $\mu = 0,1$ . Thời gian chuyển động của vật  $m$  từ lúc thả tay đến lúc vật  $m$  đi qua vị trí lực đàn hồi của lò xo nhỏ nhất lần đầu tiên là

- A. 0,296 s                      B. 0,444 s                      C. 0,222 s                      D. 1,111 s

**Câu 9:** Phát biểu nào sau đây là **sai**?

- A. Biên độ của dao động riêng phụ thuộc vào cách kích thích ban đầu
- B. Biên độ của dao động duy trì phụ thuộc vào phần năng lượng cung cấp thêm cho dao động trong một chu kì
- C. Biên độ của dao động cưỡng bức chỉ phụ thuộc vào biên độ của ngoại lực cưỡng bức
- D. Biên độ của dao động tắt dần giảm dần theo thời gian

**Câu 10:** Một chiếc xe chuyển động đều trên một đoạn đường mà cứ  $20 \text{ m}$  trên đường lại có một rãnh nhỏ. Biết chu kì dao động riêng của khung xe trên lò xo giảm xóc là  $2 \text{ s}$ . Chiếc xe bị xóc mạnh nhất khi tốc độ của xe là

- A.  $54 \text{ km/h}$                       B.  $36 \text{ km/h}$                       C.  $8 \text{ km/h}$                       D.  $12 \text{ km/h}$

**Câu 11:** Một con lắc lò xo dao động điều hòa trong môi trường có lực cản. Tác dụng vào con lắc một ngoại lực cưỡng bức, tuần hoàn  $F = F_0 \cos \omega t$ , tần số góc  $\omega$  thay đổi được. Khi thay đổi tần số đến giá trị  $\omega_1$  và  $3\omega_1$  thì biên độ dao động của hai con lắc đều bằng  $A_1$ . Khi tần số góc bằng  $2\omega_1$  thì biên độ dao động của con lắc là  $A_2$ . So sánh  $A_1$  và  $A_2$  ta có

- A.  $A_1 = A_2$                       B.  $A_1 > A_2$                       C.  $A_1 < A_2$                       D.  $A_1 = 2A_2$

**Câu 12:** Một con lắc lò xo gồm vật nhỏ khối lượng  $200 \text{ g}$  và lò xo có độ cứng  $20 \text{ N/m}$ . Vật nhỏ được đặt trên giá đỡ cố định nằm ngang dọc theo trục lò xo. Hệ số ma sát trượt giữa giá đỡ và vật nhỏ là  $0,01$ . Từ vị trí lò xo không biến dạng, truyền cho vật vận tốc ban đầu  $1 \text{ m/s}$  thì thấy con lắc dao động tắt dần trong giới hạn đàn hồi của lò xo. Lấy  $g = 10 \text{ m/s}^2$ . Độ lớn của lực đàn hồi cực đại của lò xo trong quá trình dao động bằng

- A.  $2 \text{ N}$                               B.  $2,98 \text{ N}$                       C.  $1,98 \text{ N}$                       D.  $1,5 \text{ N}$

**Câu 13:** Một con lắc lò xo đặt trên mặt phẳng nằm ngang gồm lò xo nhẹ có độ cứng  $2 \text{ N/m}$  và vật nhỏ có khối lượng  $40 \text{ g}$ . Hệ số ma sát trượt giữa vật và mặt phẳng ngang là  $0,1$ . Ban đầu giữ vật ở vị trí lò xo bị giãn  $20 \text{ cm}$

rồi buông nhẹ để con lắc dao động tắt dần. Lấy  $g = 10 \text{ m/s}^2$ . Kể từ lúc bắt đầu cho đến khi tốc độ của con lắc bắt đầu giảm, thế năng của con lắc lò xo đã giảm một lượng bằng

- A. 39,6 mJ                      B. 24,4 mJ                      C. 79,2 mJ                      D. 240 mJ

**Câu 14:** Con lắc lò xo có độ cứng  $k = 100 \text{ N/m}$ , khối lượng vật nặng  $m = 1 \text{ kg}$ . Vật nặng đang ở vị trí cân bằng, ta tác dụng lên con lắc một ngoại lực biến đổi điều hòa theo thời gian với phương trình  $F = F_0 \cos 10\pi t$ . Sau một thời gian ta thấy vật dao động ổn định với biên độ  $A = 6 \text{ cm}$ . Tốc độ cực đại của vật có giá trị bằng

- A. 60 cm/s                      B.  $60\pi \text{ cm/s}$                       C. 0,6 cm/s                      D.  $6\pi \text{ cm/s}$

**Câu 15:** Con lắc lò xo gồm vật nhỏ có khối lượng 100 g và lò xo có độ cứng 10 N/m đặt trên mặt phẳng nằm ngang có hệ số ma sát giữa vật và mặt phẳng là 0,2. Đưa vật tới vị trí lò xo bị nén 10 cm rồi thả nhẹ. Ngay sau khi thả vật, nó chuyển động theo chiều dương. Tốc độ cực đại của vật trong quá trình nó chuyển động theo chiều âm lần đầu tiên là

- A. 0,80 m/s                      B. 0,40 m/s                      C. 0,70 m/s                      D. 0,45 m/s

**Câu 16:** Một con lắc lò xo ngang gồm lò xo có độ cứng  $k = 100 \text{ N/m}$  và vật  $m = 100 \text{ g}$ , dao động trên mặt phẳng ngang, hệ số ma sát giữa vật và mặt phẳng ngang là  $\mu = 0,1$ . Kéo vật lệch khỏi vị trí cân bằng một đoạn 10 cm rồi thả nhẹ cho vật dao động. Lấy  $g = 10 \text{ m/s}^2$ . Quãng đường vật đi được từ khi bắt đầu dao động đến khi dừng hẳn là

- A. 50 m                      B. 5 m                      C. 50 cm                      D. 5 cm

**Câu 17:** Một con lắc lò xo đặt trên mặt phẳng ngang gồm lò xo nhẹ có độ cứng  $k = 50 \text{ N/m}$ , một đầu cố định, đầu kia gắn với vật nhỏ khối lượng  $m_1 = 100 \text{ g}$ . Ban đầu giữ vật  $m_1$  tại vị trí lò xo bị nén 10 cm, đặt một vật nhỏ khác có khối lượng  $m_2 = 400 \text{ g}$  sát vật  $m_1$  rồi thả nhẹ cho hai vật bắt đầu chuyển động dọc theo phương của trục lò xo. Hệ số ma sát giữa vật và mặt phẳng nằm ngang là  $\mu = 0,05$ . Lấy  $g = 10 \text{ m/s}^2$ . Thời gian từ khi thả đến khi vật  $m_2$  dừng lại là

- A. 2,16 s                      B. 2,21 s                      C. 2,06 s                      D. 0,31 s

**Câu 18:** Một con lắc lò xo đang dao động tắt dần, người ta đo được độ giảm tương đối của biên độ trong ba chu kì đầu tiên là 10%. Khi đó, độ giảm tương đối của thế năng là

- A. 10%                      B. 20%                      C. 19,5%                      D. 10%

**Câu 19: (Chuyên Phan Bội Châu – 2017)** Một con lắc lò xo nằm ngang, lò xo có độ cứng 40 N/m, vật nhỏ có khối lượng 100 g. Hệ số ma sát giữa vật và mặt bàn là 0,2. Lấy  $g = 10 \text{ m/s}^2$ . Ban đầu giữ cho vật sao cho bị nén 5 cm rồi thả nhẹ, con lắc dao động tắt dần. Quãng đường mà vật đi được từ lúc thả vật đến lúc gia tốc của nó đổi chiều lần thứ 3 là

- A. 18,5 cm                      B. 19,0 cm                      C. 21,0 cm                      D. 12,5 cm

BẢNG ĐÁP ÁN									
Câu 1	Câu 2	Câu 3	Câu 4	Câu 5	Câu 6	Câu 7	Câu 8	Câu 9	Câu 10
C	C	D	A	B	B	D	A	C	B
Câu 11	Câu 12	Câu 13	Câu 14	Câu 15	Câu 16	Câu 17	Câu 18	Câu 19	Câu 20
C	C	A	B	B	B	C	C	A	
Câu 21	Câu 22	Câu 23	Câu 24	Câu 25	Câu 26	Câu 27	Câu 28	Câu 29	Câu 30
Câu 31	Câu 32	Câu 33	Câu 34	Câu 35	Câu 36	Câu 37	Câu 38	Câu 39	Câu 40

### ĐÁP ÁN CHI TIẾT

**Câu 1:**

Vật dao động tắt dần th biên độ và năng lượng giảm dần theo thời gian

✓ **Đáp án A**

**Câu 2:**

Tốc độ của vật cực đại khi vật đi qua vị trí cân bằng tạm lần đầu tiên

$$v_{\max} = \omega(X_0 - x_0) = \sqrt{\frac{k}{m}} \left( X_0 - \frac{\mu mg}{k} \right) = 40\sqrt{2} \text{ cm/s}$$

✓ **Đáp án C**

**Câu 3:**

Chu kì dao động của vật chính bằng chu kì dao động của ngoại lực cưỡng bức  $T = \frac{1}{f}$

✓ **Đáp án D**

**Câu 4:**

Dao động cưỡng bức có biên độ không đổi và có tần số bằng tần số của ngoại lực cưỡng bức

✓ **Đáp án A**

**Câu 5:**

Ngoại lực tác dụng lên quả lắc không chỉ là trọng lực

✓ **Đáp án B**

**Câu 6:**



Biên độ dao động của dao động cưỡng bức phụ thuộc vào độ chênh lệch giữa tần số của lực cưỡng bức và tần số dao động riêng của hệ  $A_1 = A_2 \Leftrightarrow |f_1 - f_0| = |f_2 - f_0|$

Hay  $f_1 + f_2 = 2f_0$

Từ đây ta tính được  $f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}} = 5 \Rightarrow k = 100 \text{ N/m}$

✓ **Đáp án B**

**Câu 7:**

Khi tần số của ngoại lực bằng tần số dao động riêng của hệ thì xảy ra cộng hưởng (biên độ dao động là lớn nhất)

✓ **Đáp án D**

**Câu 8:**

+ Biên độ dao động của vật trong quá trình chuyển động theo chiều âm lần đầu tiên  $A = \Delta l - \Delta l_0 = 4 \text{ cm}$

+ Vị trí lực đàn hồi của lò xo nhỏ nhất là vị trí lò xo không bị biến dạng

$$x = 0 \Leftrightarrow X = -\frac{\mu mg}{k}$$

+ Khoảng thời gian này ứng với góc quét  $\varphi = \frac{2\pi}{3}$

Thời gian tương ứng  $t = \frac{\varphi}{\omega} = 0,296 \text{ s}$

✓ **Đáp án A**

**Câu 9:**

Biên độ của dao động cưỡng bức phụ thuộc vào biên độ của ngoại lực cưỡng bức và độ chênh lệch giữa tần số dao động riêng của hệ vào tần số của ngoại lực cưỡng bức

✓ **Đáp án C**

**Câu 10:**

Chiếc xe xóc mạnh nhất khi chu kỳ xóc (bị cưỡng bức do đi qua các rãnh) đúng bằng chu kỳ dao động riêng của

$$\text{xe } t = \frac{S}{v} = 2 \Rightarrow v = 10 \text{ m/s}$$

✓ **Đáp án B**

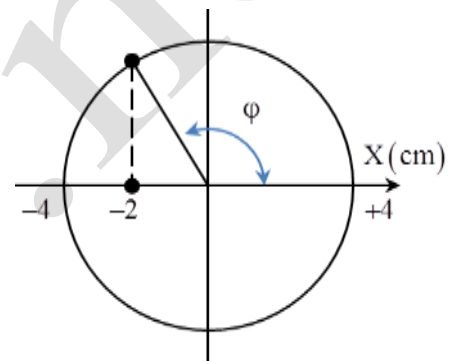
**Câu 11:**

Với giá trị tần số nằm trong khoảng hai giá trị cho cùng một biên độ thì biên độ ứng với tần số đó luôn lớn hơn  $A_1 < A_2$

✓ **Đáp án B**

**Câu 12:**

Lực đàn hồi có độ lớn cực đại khi vật đi đến vị trí biên lần đầu tiên



Áp dụng định luật bảo toàn và chuyển hóa năng lượng, ta có  $\frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}kx^2 + \mu mgx \Rightarrow x \approx 9,9 \text{ cm}$

Lực đàn hồi cực đại  $F_{dh,max} = kx = 1,98 \text{ N}$

✓ **Đáp án C**

**Câu 13:**

Tốc độ của con lắc sẽ bắt đầu giảm tại vị trí cân bằng tạm. Tại vị trí này lò xo đã biến dạng một đoạn

$$\Delta l_0 = \frac{\mu mg}{k} = 0,02 \text{ m}$$

Độ giảm thế năng

$$\Delta E_t = \frac{1}{2}kX_0^2 - \frac{1}{2}k\Delta l_0^2 = 39,6 \text{ mJ}$$

✓ **Đáp án A**

**Câu 14:**

Tần số của dao động cưỡng bức là tần số của ngoại lực cưỡng bức

$$v_{max} = \omega_F A = 60\pi \text{ cm/s}$$

✓ **Đáp án A**

**Câu 15:**

Vật có tốc độ cực trong quá trình chuyển động theo chiều âm tại vị trí cân bằng tạm

$$\text{Biên độ dao động của vật khi chuyển động theo chiều âm lần đầu tiên là } A = \Delta l - 3\frac{\mu mg}{k} = 4 \text{ cm}$$

$$\text{Tốc độ cực đại } v_{max} = \omega A = 40 \text{ cm/s}$$

✓ **Đáp án B**

**Câu 16:**

$$\text{Độ biến dạng của lò xo tại vị trí cân bằng tạm } \Delta l_0 = \frac{\mu mg}{k} = 10^{-3} \text{ m}$$

$$\text{Xét tỉ số } \frac{X_0}{2\Delta l_0} = 50 \Rightarrow \text{con lắc dừng lại tại vị trí } x = 0$$

$$\text{Áp dụng định luật bảo toàn và chuyển hóa năng lượng ta có } \frac{1}{2}kX_0^2 = \mu mgS \Rightarrow S = \frac{kX_0^2}{2\mu mg} = 5 \text{ m}$$

✓ **Đáp án B**

**Câu 17:**

Vật  $m_2$  sẽ rời khỏi  $m_1$  khi hai vật này đi qua vị trí cân bằng tạm lần đầu tiên

Tốc độ của vật  $m_2$  tại vị trí này

$$v_0 = \omega(X_0 - \Delta l_0) = \sqrt{\frac{k}{m_1 + m_2}} \left[ X_0 - \frac{\mu(m_1 + m_2)g}{k} \right] = 0,95 \text{ m/s}$$

Quãng đường  $m_2$  đi được từ khi rời vật  $m_1$  đến khi dừng lại  $\frac{1}{2}m_2v_0^2 = \mu m_2 g S \Rightarrow S = \frac{v_0^2}{2\mu g} = 0,9025 \text{ m}$

Vậy tổng thời gian từ khi thả vật  $m_2$  đến khi  $m_2$  dừng lại là  $t = \frac{T}{4} + \sqrt{\frac{2S}{\mu g}} = 2,056 \text{ s}$

✓ **Đáp án C**

**Câu 18:**

$$\begin{cases} \frac{\Delta A}{A_1} = \frac{A_1 - A_3}{A_1} = 0,1 \\ \frac{\Delta E_t}{E_t} = \frac{A_1^2 - A_3^2}{A_1^2} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} A_3 = A_1 - \Delta A \\ \frac{\Delta E_t}{E_t} = \frac{(A_1 + A_3)(A_1 - A_3)}{A_1^2} \Rightarrow \frac{\Delta E_t}{E_t} = \left(2 - \frac{\Delta A}{A_1}\right) \frac{\Delta A}{A_1} = 0,19 \end{cases}$$

✓ **Đáp án C**

**Câu 19:**

Độ biến dạng của lò xo tại vị trí cân bằng tạm

$$\Delta l_0 = \frac{\mu m g}{k} = 5 \text{ mm}$$

Gia tốc của vật sẽ đổi chiều tại các vị trí cân bằng này. Từ hình vẽ ta có quãng đường đi được của vật là

$$S = 2A_1 + 2A_2 + A_3 \Leftrightarrow S = 2(5 - 0,5) + 2(5 - 3,0,5) + 4 - 5,0,5 = 18,5 \text{ cm}$$

✓ **Đáp án A**

