

CHƯƠNG 1. DAO ĐỘNG CƠ

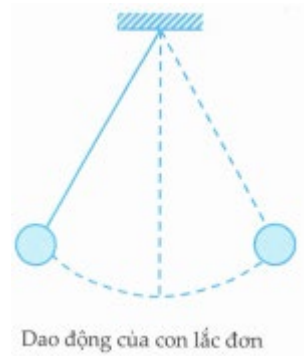
A. LÍ THUYẾT

I. DAO ĐỘNG

Dao động là chuyển động qua lại quanh một vị trí cân bằng của vật.

Quả lắc của đồng hồ treo tường đung đưa sang trái, sang phải quanh một vị trí cân bằng (là vị trí thấp nhất của quả lắc) nên ta nói quả lắc đồng hồ đang *dao động*.

Trên mặt hồ gợn sóng, mẩu gỗ nhỏ bồng bênh, nhấp nhô tại vị trí của nó trên mặt hồ. Ta nói mẩu gỗ nhỏ đang *dao động*.



II. DAO ĐỘNG TUẦN HOÀN

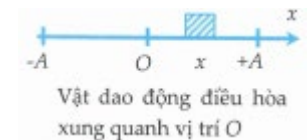
Dao động tuần hoàn là dao động mà trạng thái chuyển động của vật được lặp lại như cũ sau những khoảng thời gian bằng nhau xác định.

Ví dụ: Xét một con lắc đơn trong môi trường chân không. Ta kéo con lắc ra khỏi vị trí cân bằng của nó sao cho dây treo hợp với phương thẳng đứng một góc $\alpha > 10^\circ$ nào đó rồi thả nhẹ. Ta sẽ quan sát thấy con lắc chuyển động qua lại quanh vị trí cân bằng (vị trí thấp nhất của con lắc) của nó mãi. Và sau khi thả, ta thấy cứ sau một khoảng thời gian bằng nhau và bằng T nào đó, con lắc lại trở lại vị trí ban đầu. Ta nói con lắc đang *dao động tuần hoàn*.

III. DAO ĐỘNG ĐIỀU HÒA

1. Định nghĩa

Xét một vật dao động trên trục Ox xung quanh vị trí cân bằng của vật tại O . Trong quá trình vật chuyển động, vị trí của vật được xác định bởi tọa độ x gọi là li độ.



Dao động điều hòa là dao động mà li độ của vật là một hàm cosin (hay sin) của thời gian nhân với một hằng số.

Chú ý

Dao động điều hòa là một trường hợp riêng của dao động tuần hoàn, dao động tuần hoàn có thể không điều hòa.

2. Phương trình dao động

Một vật dao động điều hòa thì có phương trình dao động là $x = A \cos(\omega t + \varphi)$

3. Các đại lượng đặc trưng của dao động điều hòa

- x là **li độ của vật** (li độ là tọa độ x của vật trên trục tọa độ Ox). Đơn vị chuẩn là mét (m), thường dùng là centimet (cm).
- A là **biên độ**, là **giá trị cực đại** của li độ x ứng với lúc $\cos(\omega t + \varphi) = 1$. Biên độ luôn dương, và có đơn vị của li độ.

- $(\omega t + \varphi)$ được gọi là **pha** của dao động tại thời điểm t . Pha chính là đối số của hàm cosin và là một góc.

Đơn vị là độ hoặc rad.

- φ là **pha ban đầu** của dao động, tức là *pha* dao động tại thời điểm $t = 0$.
- ω gọi là **tần số góc của dao động**. Là tốc độ biến đổi của góc pha, có đơn vị là rad/s hoặc độ/s.
- **Chu kì T** là thời gian mà vật thực hiện được một dao động toàn phần.

STUDY TIP

Độ lớn của li độ $|x|$ là khoảng cách từ vật đến vị trí cân bằng.

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \text{ . Chu kì có đơn vị là giây (s)}$$

- **Tần số f** là số dao động vật thực hiện được trong một đơn vị thời gian. Đơn vị là Héc (Hz) hay $\frac{1}{s}$.

$$f = \frac{\text{Số dao động thực hiện được trong khoảng thời gian } t}{\text{Thời gian } t \text{ thực hiện số dao động đó}} = \frac{1}{T}$$

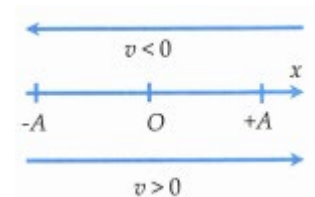
Ví dụ: Một vật dao động điều hòa, người ta thấy trong 10s vật thực hiện được 20 dao động. Khi đó:

- Tần số f của vật: $f = \frac{20}{10} = 2 \text{ (Hz)}$.

- Chu kì dao động: $T = \frac{10}{20} = 0,5 \text{ (s)}$.

4. Phương trình vận tốc

Vận tốc bằng đạo hàm của li độ theo thời gian.



$$\begin{aligned} v = x' &= -\omega A \sin(\omega t + \varphi) \\ &= \omega A \sin(\omega t + \varphi + \pi) \\ &= \omega A \cos\left(\omega t + \varphi + \pi - \frac{\pi}{2}\right) \\ &= \omega A \cos\left(\omega t + \varphi + \frac{\pi}{2}\right) \end{aligned}$$

Nhận xét:

- Vận tốc biến đổi điều hòa, và cùng tần số góc (cùng chu kì, tần số) với li độ của vật.
- Vận tốc có chiều là chiều chuyển động của vật.

Nhận xét

Vận tốc mang dấu dương (+) khi vật chuyển động theo chiều dương của trục tọa độ Ox . Vận tốc mang dấu âm (-) khi vật chuyển động theo chiều âm của trục tọa độ Ox .

- Xét độ lệch pha giữa vận tốc và li độ, tức xét hiệu số pha giữa pha của vận tốc và pha của li độ:

$$\Delta\varphi_{vx} = \varphi_v - \varphi_x = \left(\omega t + \varphi + \frac{\pi}{2}\right) - (\omega t + \varphi) = \frac{\pi}{2} > 0$$

Từ đó ta có $\varphi_v > \varphi_x$ và $\varphi_v = \varphi_x + \frac{\pi}{2}$ nên ta nói rằng: Vận tốc *sớm pha* hơn li độ và sớm pha hơn một góc là $\frac{\pi}{2}$.

Ngược lại, nếu ta xét độ lệch pha giữa li độ và vận tốc, thì ta có $\Delta\varphi_{xv} = -\frac{\pi}{2} < 0$ hay $\varphi_x < \varphi_v$ và

$\varphi_x = \varphi_v - \frac{\pi}{2}$ nên ta nói rằng: li độ *trễ pha* so với vận tốc một góc bằng $\frac{\pi}{2}$.

Ngoài ra, nếu không xét đến đại lượng nào sớm hay trễ hơn so với đại lượng còn lại, thì ta nói *x vuông pha* với *v* hoặc *v vuông pha* với *x*.

STUDY TIP

Chú ý rằng theo Toán học, ta có: $-1 \leq \cos\left(\omega t + \varphi + \frac{\pi}{2}\right) \leq 1$ nên do đó:

$$-\omega A \leq v \leq \omega A$$

Vận tốc cực đại

Ta có $v = \omega A$ khi $\cos\left(\omega t + \varphi + \frac{\pi}{2}\right) = 1 \Leftrightarrow \omega t + \varphi + \frac{\pi}{2} = k2\pi \Leftrightarrow \omega t + \varphi = -\frac{\pi}{2} + k2\pi, k \in \mathbb{Z}$

(khi đó $x = 0$, $v > 0$, tức là khi vật đang đi qua vị trí cân bằng theo chiều dương) nên vận tốc cực đại của vật là $v_{\max} = \omega A$ khi vật đi qua vị trí cân bằng theo chiều dương.

Vận tốc cực tiểu

Ta có $v = -\omega A$ khi $\cos\left(\omega t + \varphi + \frac{\pi}{2}\right) = -1 \Leftrightarrow \omega t + \varphi + \frac{\pi}{2} = \pi + k2\pi \Leftrightarrow \omega t + \varphi = +\frac{\pi}{2} + k2\pi, k \in \mathbb{Z}$

(khi đó $x = 0$, $v < 0$, tức là khi vật đang đi qua vị trí cân bằng theo chiều âm) nên vận tốc cực tiểu của vật là $v_{\min} = -\omega A$ khi vật đi qua vị trí cân bằng theo chiều âm.

Chú ý

Chúng ta cần phân biệt giữa vận tốc và tốc độ. Tốc độ là độ lớn của vận tốc, là $|v|$. Do đó:

$$0 \leq |v| \leq \omega A$$

Nhận xét:

+ Tốc độ cực đại bằng ωA khi:

$$\left|\cos\left(\omega t + \varphi + \frac{\pi}{2}\right)\right| = 1 \Leftrightarrow \sin\left(\omega t + \varphi + \frac{\pi}{2}\right) = 0 \Leftrightarrow \omega t + \varphi + \frac{\pi}{2} = k\pi \Leftrightarrow \omega t + \varphi = -\frac{\pi}{2} + k\pi, k \in \mathbb{Z} \Leftrightarrow x = 0$$

Khi đó, vật đi qua vị trí cân bằng (không kể chiều).

+ Tốc độ cực tiểu bằng 0, khi:

$$\left| \cos\left(\omega t + \varphi + \frac{\pi}{2}\right) \right| = 0 \Leftrightarrow \omega t + \varphi + \frac{\pi}{2} = \frac{\pi}{2} + k\pi \Leftrightarrow \omega t + \varphi = k\pi, k \in \mathbb{Z} \Leftrightarrow x = \pm A$$

Khi đó, vật ở một trong hai vị trí biên.

5. Phương trình gia tốc

Gia tốc a của vật dao động điều hòa bằng đạo hàm của vận tốc theo thời gian, hay là đạo hàm hạng 2 của li độ x theo thời gian.

$$a = v'(t) = x''(t) = -\omega^2 A \cos(\omega t + \varphi) = \omega^2 A \cos(\omega t + \varphi + \pi) = -\omega^2 x.$$

Nhận xét:

- Gia tốc biến đổi điều hòa cùng tần số góc (cùng chu kì, tần số) với vận tốc và li độ của vật.
- Gia tốc có chiều ngược với chiều chuyển động của vật $a = -\omega^2 x$ và luôn có chiều hướng về vị trí cân bằng.

Xét độ lệch pha giữa gia tốc và vận tốc, gia tốc và li độ ta thấy:

- Gia tốc sớm pha $\frac{\pi}{2}$ so với vận tốc, hay vận tốc trễ pha $\frac{\pi}{2}$ so với gia tốc.
- Gia tốc sớm pha π so với li độ, hay nói cách khác, gia tốc ngược pha so với li độ.

Gia tốc cực đại

Khi $x = -A$ (vật ở biên âm) thì $a = \omega^2 A$ nên gia tốc cực đại là $a_{\max} = \omega^2 A$.

Gia tốc cực tiểu

Khi $x = +A$ (vật ở biên dương) thì $a = -\omega^2 A$ nên gia tốc cực tiểu là $a_{\min} = -\omega^2 A$.

Nhận xét

Vì $-A \leq x \leq A$ nên ta có: $-\omega^2 A \leq a \leq \omega^2 A$.

IV. CÁC PHƯƠNG TRÌNH ĐỘC LẬP THỜI GIAN

Phương trình độc lập thời gian là phương trình liên hệ giữa các đại lượng như li độ x , vận tốc v và gia tốc a mà không phụ thuộc vào thời gian t .

1. Phương trình độc lập thời gian giữa v và x

Ta có

$$\begin{cases} x = A \cos(\omega t + \varphi) \\ v = -\omega A \sin(\omega t + \varphi) \end{cases}$$

Mặt khác, trong toán học, ta luôn có $\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1$ nên

$$\begin{cases} \cos(\omega t + \varphi) = \frac{x}{A} \\ \sin(\omega t + \varphi) = -\frac{v}{\omega A} \end{cases} \Rightarrow \left(\frac{x}{A}\right)^2 + \left(-\frac{v}{\omega A}\right)^2 = \cos^2(\omega t + \varphi) + \sin^2(\omega t + \varphi) = 1$$

Suy ra $\boxed{x^2 + \frac{v^2}{\omega^2} = A^2}$

Nhận xét:

- Phương trình trên cho phép ta tính được một trong bốn đại lượng x , v , A , ω khi biết ba đại lượng còn lại.
- Nếu A và ω cho trước thì đồ thị (v, x) là đường Elip

$$\frac{x^2}{A^2} + \frac{v^2}{(\omega A)^2} = 1$$

- Nhận thấy rằng vì x và v vuông pha nên ta có thể sử dụng được đẳng thức lượng giác: $\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1$

STUDY TIP

Tổng quát lên, với hai đại lượng biến thiên điều hòa m và n vuông pha với nhau thì ta luôn có:

$$\left(\frac{m}{m_{\max}}\right)^2 + \left(\frac{n}{n_{\max}}\right)^2 = 1$$

2. Phương trình độc lập thời gian giữa a và v

Vì gia tốc a và vận tốc v vuông pha với nhau, nên ta có

$$\left(\frac{a}{\omega^2 A}\right)^2 + \left(\frac{v}{\omega A}\right)^2 = 1 \Leftrightarrow \boxed{\frac{a^2}{\omega^4} + \frac{v^2}{\omega^2} = A^2}$$

Nhận xét:

- Phương trình độc lập thời gian giữa a và v cho phép ta tính được một trong bốn đại lượng a , v , ω , A khi biết ba đại lượng còn lại.
- Nếu A và ω cho trước thì đồ thị (v, a) là đường Elip

$$\frac{a^2}{\omega^4 A^2} + \frac{v^2}{\omega^2 A^2} = 1$$

Chú ý

Ngoài cách sử dụng tính chất vuông pha để suy ra biểu thức trên, ta có thể làm cách sau: thay $x = \frac{-a}{\omega^2}$ vào phương trình độc lập thời gian giữa x và v ta được:

$$\left(\frac{a}{\omega^2 A}\right)^2 + \left(\frac{v}{\omega A}\right)^2 = 1 \Leftrightarrow \frac{a^2}{\omega^4 A^2} + \frac{v^2}{\omega^2 A^2} = 1$$

3. Phương trình độc lập thời gian giữa x và a

Phương trình độc lập thời gian giữa x và a là $\boxed{a = -\omega^2 x}$

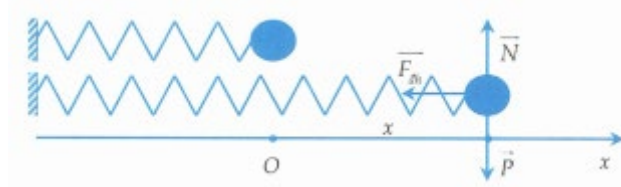
V. CON LẮC LÒ XO

Con lắc lò xo gồm một lò xo có độ cứng k , khối lượng không đáng kể, một đầu gắn cố định, đầu kia gắn với vật nặng khối lượng m được đặt theo phương ngang hoặc treo thẳng đứng.

1. Con lắc lò xo nằm ngang

Xét chuyển động của vật nặng trong con lắc lò xo nằm ngang. Vật chuyển động trên một mặt phẳng ngang không có ma sát.

Chọn gốc tọa độ O tại vị trí lò xo không biến dạng. Chiều Ox hướng từ trái sang phải.



Khi vật ở vị trí có li độ x thì các lực tác dụng lên vật gồm:

- Trọng lực $\vec{P}$.
- Phản lực $\vec{N}$ do mặt phẳng tác dụng lên vật.
- Lực đàn hồi của lò xo $\vec{F}_{dh}$.

Xét các giá trị đại số của các vector trên trục Ox . Ta có:

- Trọng lực $\vec{P}$ có phương vuông góc với Ox nên giá trị đại số trên trục Ox bằng 0.
- Phản lực $\vec{N}$ do mặt phẳng tác dụng lên vật cũng có phương vuông góc với Ox nên giá trị đại số trên trục Ox bằng 0.
- Lực đàn hồi của lò xo $\vec{F}_{dh}$ có giá trị đại số là $F_{dh} = -k\Delta l = -kx$. (Dấu trừ biểu thị lực đàn hồi luôn có chiều ngược với chiều biến dạng của lò xo)

Bây giờ, theo định luật II Newton thì tổng tất cả các lực tác dụng lên vật sẽ bằng $m\vec{a}$, nhưng theo phương Ox thì trọng lực bằng không, phản lực bằng không, gia tốc $\vec{a}$ có giá trị đại số là $a = x''$ nên ta có

$$F_{dh} = ma \Leftrightarrow -kx = mx'' \Leftrightarrow x'' + \frac{k}{m}x = 0$$

Chú ý

$\Delta l = l - l_0$ là **độ biến dạng đại số** của lò xo:

- $\Delta l > 0$ thì lò xo dãn
- $\Delta l < 0$ thì lò xo nén
- $\Delta l = x$ thì con lắc lò xo nằm ngang.

Đặt $\omega^2 = \frac{k}{m}$, khi đó phương trình có dạng: $x'' + \omega^2 x = 0$

có nghiệm là $x = A \cos(\omega t + \varphi)$. (Nếu không tin đó là nghiệm, thì bạn đọc có thể thay ngược trở lại phương trình để kiểm chứng).

Nhận xét

$x'' + \omega^2 x = 0$ là phương trình vi phân. Chúng ta sẽ học trong Toán cao cấp trên bậc Đại học. Ở đây, ta chỉ cần biết nó giải được và có nghiệm như bên.

Kết luận:

+ Con lắc lò xo nằm ngang ta đang xét dao động điều hòa, với tần số góc:

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

+ Chu kì và tần số dao động lần lượt là:

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}$$

2. Con lắc lò xo thẳng đứng

Xét chuyển động của vật nặng trong con lắc lò xo đặt thẳng đứng. Bỏ qua lực cản của không khí.

Chọn gốc tọa độ O tại vị trí cân bằng của vật. Chiều dương Ox hướng từ trên xuống dưới.

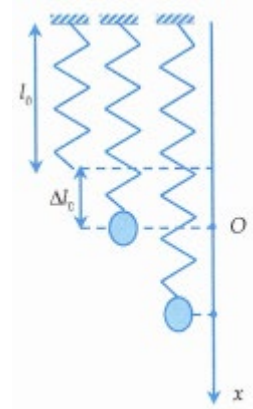
Ban đầu, khi chưa kích thích cho vật dao động thì vật cân bằng, nên

$$\vec{P} + \vec{F}_{dh} = 0, \text{ do đó độ lớn } P = F_{dh}, \text{ tức là}$$

$$mg = k\Delta l_0$$

Ở đây k là độ cứng của lò xo, Δl_0 là độ biến dạng của lò xo khi vật ở vị trí cân bằng. Lúc sau, kích thích cho vật dao động. Khi vật ở vị trí có li độ x thì các lực tác dụng lên vật gồm:

- Trọng lực $\vec{P}$.
- Lực đàn hồi của lò xo $\vec{F}_{dh}$.



Vật chịu tác dụng của các lực:

- Trọng lực $\vec{P}$.
- Lực đàn hồi của lò xo $\vec{F}_{dh}$.

Theo định luật II Newton ta có (dạng véc-tơ): $\vec{P} + \vec{F}_{dh} = m\vec{a}$.

Viết dưới dạng đại số, ta có:

$$mg - k\Delta l = mx''$$

Trong đó $\Delta l = \Delta l_0 + x$ là độ giãn đại số của lò xo, k là độ cứng của lò xo. Khi đó ta có:

$$mg - k(\Delta l_0 + x) = mx'' \Leftrightarrow mx'' + kx = (mg - k\Delta l_0) = 0 \Leftrightarrow x'' + \frac{k}{m}x = 0$$

Đặt $\omega^2 = \frac{k}{m}$, khi đó phương trình có dạng: $x'' + \omega^2 x = 0$

Phương trình này giống như phương trình thu được ở con lắc lò xo nằm ngang nên phương trình này cũng có nghiệm là $x = A\cos(\omega t + \varphi)$.

Kết luận:

+ Con lắc lò xo thẳng đứng cũng dao động điều hòa, với tần số góc:

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

+ Chu kì và tần số dao động lần lượt là:

$$\begin{aligned} T &= \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \\ f &= \frac{1}{T} = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}} \end{aligned}$$

3. Năng lượng của con lắc lò xo

Xét con lắc lò xo dao động với phương trình: $x = A \cos(\omega t + \varphi)$

Chọn gốc tọa độ tại vị trí cân bằng của con lắc.

Vận tốc của con lắc là $v = -\omega A \sin(\omega t + \varphi)$.

3.1. Động năng

Động năng của vật dao động điều hòa được xác định bởi

$$W_d = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m[-\omega A \sin(\omega t + \varphi)]^2 = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 \sin^2(\omega t + \varphi)$$

Vì $0 \leq \sin^2(\omega t + \varphi) \leq 1$ nên $0 \leq W_d \leq \frac{1}{2}m\omega^2 A^2$. Do đó:

- $W_{d\max} = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2$ khi $\sin^2(\omega t + \varphi) = 1 \Leftrightarrow \cos^2(\omega t + \varphi) = 0 \Rightarrow x = 0$ tức là khi vật ở vị trí cân bằng.
- $W_{d\min} = 0$ khi $\sin^2(\omega t + \varphi) = 0 \Rightarrow \omega t + \varphi = k\pi, k \in \mathbb{Z} \Rightarrow x = \pm A$ tức là khi vật ở một trong hai vị trí biên.

STUDY TIP

- $W_{d\max} = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2$ khi $x = 0$
- $W_{d\min} = 0$ khi $x = \pm A$

Ngoài ra, khi sử dụng công thức hạ bậc, ta có

$$W_d = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 \sin^2(\omega t + \varphi) = \frac{1}{4}m\omega^2 A^2 [1 - \cos 2(\omega t + \varphi)]$$

Do đó, động năng biến thiên tuần hoàn với tần số góc $\omega' = 2\omega$.

3.2. Thế năng

Thế năng của con lắc bao gồm **thế năng đàn hồi** và **thế năng trọng trường**. Chọn mốc tính thế năng đàn hồi và mốc tính thế năng trọng trường tại vị trí cân bằng của con lắc, thì:

- Trong trường hợp con lắc lò xo nằm ngang, thế năng của con lắc chỉ có thế năng đàn hồi $W_t = \frac{1}{2}kx^2$ (thế năng trọng trường bằng 0).
- Trong trường hợp con lắc lò xo thẳng đứng, thế năng của con lắc bao gồm thế năng trọng trường và thế năng đàn hồi, tổng lại vẫn bằng $W_t = \frac{1}{2}kx^2$ (ta hoàn toàn có thể chứng minh điều này).

Chú ý

Trong chương trình Vật lí phổ thông, nếu đề bài không nói gì về mốc thế năng, thì ta hiểu là ta đã chọn mốc

thể năng đàn hồi và mốc thế năng trọng trường tại vị trí cân bằng của con lắc. Do đó, thế năng của con lắc trong trường hợp con lắc lò xo nằm ngang cũng như thẳng đứng đều là $W_t = \frac{1}{2}kx^2$

Như vậy, thế năng của con lắc lò xo trong cả 2 trường hợp đều được xác định bởi

$$W_t = \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}k[A \cos(\omega t + \varphi)]^2 = \frac{1}{2}kA^2 \cos^2(\omega t + \varphi)$$

Vì $0 \leq \cos^2(\omega t + \varphi) \leq 1$ nên $0 \leq W_t \leq \frac{1}{2}kA^2 = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2$. Do đó:

- $W_{tmax} = \frac{1}{2}kA^2$ khi $\cos^2(\omega t + \varphi) = 1 \Leftrightarrow \sin^2(\omega t + \varphi) = 0 \Rightarrow x = \pm A$ tức là khi

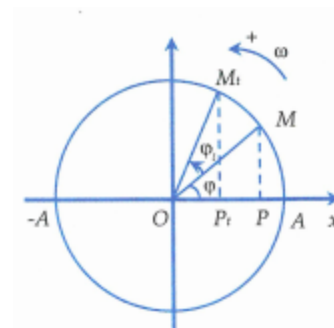
vật ở một trong hai vị trí biên

- $W_{tmin} = 0$ khi $\cos^2(\omega t + \varphi) = 0 \Rightarrow x = 0$ tức là khi **vật ở vị trí cân bằng**.

Ngoài ra, sử dụng công thức hạ bậc, ta có

$$W_t = \frac{1}{2}kA^2 \cos^2(\omega t + \varphi) = \frac{1}{4}kA^2 [1 + \cos 2(2\omega t + 2\varphi)]$$

Do đó, thế năng biến thiên tuần hoàn với tần số góc $\omega' = 2\omega$.



Lưu ý: Quy ước chiều chuyển động của M là chiều ngược chiều kim đồng hồ.

STUDY TIP

- $W_{tmax} = \frac{1}{2}kA^2 = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2$ khi $x = \pm A$

- $W_{tmin} = 0$ khi $x = 0$

- Động năng và thế năng biến thiên tuần hoàn với tần số góc gấp 2 lần tần số góc của vật $\omega' = 2\omega$

3.3. Cơ năng

Cơ năng của con lắc lò xo là tổng của động năng và thế năng

$$\begin{aligned} W &= W_d + W_t = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 \sin^2(\omega t + \varphi) + \frac{1}{2}kA^2 \cos^2(\omega t + \varphi) \\ &= \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 \sin^2(\omega t + \varphi) + \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 \cos^2(\omega t + \varphi) \\ &= \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 [\sin^2(\omega t + \varphi) + \cos^2(\omega t + \varphi)] = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 = \frac{1}{2}kA^2 \end{aligned}$$

Nhận xét:

- Cơ năng của vật luôn luôn không đổi và tỉ lệ với bình phương biên độ.
- Cơ năng của vật bằng động năng của vật khi vật ở vị trí cân bằng.
- Cơ năng của vật bằng thế năng của vật khi vật ở một trong hai vị trí biên
- Cơ năng của vật bằng động năng cực đại và cũng bằng thế năng cực đại của vật.

VI. TỔNG HỢP DAO ĐỘNG

1. Mối quan hệ giữa chuyển động tròn đều và dao động điều hòa

Một chất điểm chuyển động tròn đều với tốc độ góc ω thì hình chiếu của nó trên đường kính dao động điều hòa với tần số góc ω .

Xét một chất điểm M chuyển động tròn đều trên một đường tròn lượng giác có bán kính là A .

Điểm M chuyển động với tốc độ góc (tốc độ quay của $\overrightarrow{OM}$ trên đường tròn) là ω (rad/s).

- Tại thời điểm ban đầu $t = 0$, $\overrightarrow{OM}$ hợp với Ox một góc φ .

- Tại thời điểm t bất kì, góc tạo bởi $\overrightarrow{OM_t}$ và Ox là $\omega t + \varphi$.

Hình chiếu của điểm M_t trên trục Ox là điểm P_t với

$$\overrightarrow{OP_t} = x_{P_t} = A \cos(\omega t + \varphi).$$

Từ đây, ta có nhận xét sau:

- Điểm P dao động điều hòa.

- Thời gian để M quay hết một vòng (2π) là $\frac{2\pi}{\omega}$, khi đó P dao động được

một chu kì T hay P thực hiện được một dao động toàn phần.

- Giả sử ở thời điểm t_1 , điểm P có li độ là x_1 , ứng với điểm H trên đường tròn; thời điểm t_2 , điểm P có li độ là x_2 , ứng với điểm G trên đường tròn thì: thời gian P đi từ x_1 đến x_2 bằng thời gian M chuyển động tròn đều từ H đến G .

Nhận xét trên này rất quan trọng giúp ta có thể giải bài toán tính thời gian trong dao động điều hòa một cách dễ dàng.

2. Tổng hợp dao động bằng phương pháp véc tơ quay

Xét hai dao động điều hòa cùng phương cùng tần số

$$\begin{cases} x_1 = A_1 \cos(\omega t + \varphi_1) \\ x_2 = A_2 \cos(\omega t + \varphi_2) \end{cases}$$

Khi đó phương trình dao động tổng hợp là

$$x = x_1 + x_2$$

Để tổng hợp, ta có thể làm một trong các cách sau đây:

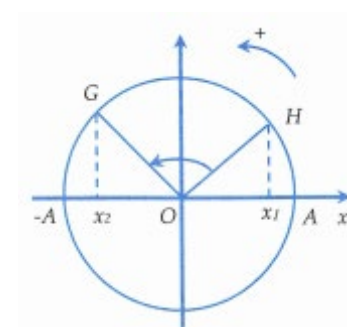
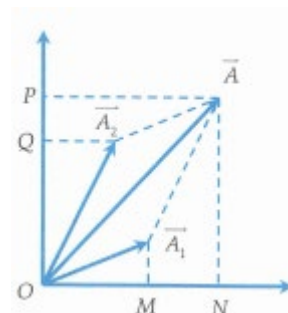
Cách 1: Nếu hai vật có cùng biên độ dao động, $A_1 = A_2 = A$ thì ta sẽ tổng hợp bằng cách sử dụng công

$$\text{thức cộng lượng giác } \cos a + \cos b = 2 \cos \frac{a-b}{2} \cos \frac{a+b}{2}$$

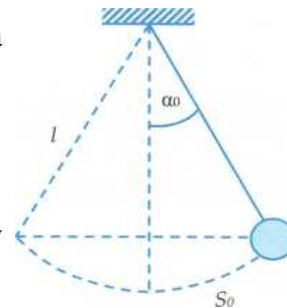
$$x = x_1 + x_2 = A \left[\cos(\omega t + \varphi_1) + \cos(\omega t + \varphi_2) \right] = 2A \cos \left(\frac{\varphi_2 - \varphi_1}{2} \right) \cos \left(\omega t + \frac{\varphi_2 + \varphi_1}{2} \right)$$

Cách 2: Nếu hai vật biên độ khác nhau nhau, ta dùng phương pháp véc tơ quay như sau:

- Vẽ các véc tơ $\vec{A_1}, \vec{A_2}$ tỉ lệ với các độ lớn của biên độ A_1, A_2 . Tại thời điểm ban đầu $t = 0$, các véc tơ này hợp với Ox các góc lần lượt φ_1 và φ_2 .



- Vẽ véc tơ $\vec{A} = \vec{A}_1 + \vec{A}_2$ thì tại thời điểm ban đầu véc tơ tổng hợp tạo với trục tọa độ một góc đúng bằng pha ban đầu của dao động tổng hợp φ .
- Cho các véc tơ $\vec{A}_1, \vec{A}_2$ quay đều với tốc độ góc ω theo chiều dương quy ước (chiều ngược chiều kim đồng hồ). Khi đó véc tơ $\vec{A}$ có độ lớn không đổi và quay theo với tốc độ góc đúng bằng ω .



Từ hình vẽ, ta có biên độ của dao động tổng hợp là

$$A^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos \Delta\varphi$$

Pha ban đầu φ xác định bởi

$$\tan \varphi = \frac{AN}{ON} = \frac{PQ + QO}{OM + MN} = \frac{A_1 \sin \varphi_1 + A_2 \sin \varphi_2}{A_1 \cos \varphi_1 + A_2 \cos \varphi_2}$$

Sau khi xác định biên độ A và pha ban đầu φ thì ta sẽ có phương trình của dao động tổng hợp $x = A \cos(\omega t + \varphi)$.

Nhận xét: Ngoài cách tổng hợp dao động bằng phương pháp đại số như trên, ta còn một phương pháp nữa để tổng hợp dao động, đó là phương pháp số phức (sẽ được trình bày trong phần bài tập).

VII. CON LẮC ĐƠN

1. Cấu tạo

- Con lắc đơn gồm sợi dây nhẹ không dãn có chiều dài l , đầu trên được treo cố định đầu dưới được gắn với vật nặng có khối lượng m .
- Vật m có kích thước không đáng kể so với chiều dài của sợi dây, còn sợi dây có khối lượng không đáng kể so với khối lượng của vật nặng m .

Chú ý

Con lắc đơn chỉ được coi là dao động điều hòa nếu có biên độ góc $\alpha_0 \leq 10^\circ$ hay $\alpha_0 \leq 0,1745$ rad.

2. Thí nghiệm

Kéo con lắc lệch khỏi vị trí cân bằng góc α_0 ($\alpha_0 \leq 10^\circ$) rồi buông tay không vận tốc đầu, trong môi trường không có ma sát (mọi lực cản không đáng kể) thì con lắc đơn dao động điều hòa với biên độ góc α_0 .

3. Phương trình dao động của con lắc đơn

Con lắc đơn dao động điều hòa với phương trình li độ dài hoặc li độ góc

$$\begin{cases} s = S_0 \cos(\omega t + \varphi) \\ \alpha = \alpha_0 \cos(\omega t + \varphi) \end{cases}$$

Với $s = l\alpha$. Trong đó:

- l chiều dài dây treo (m)
- s là li độ dài (cm, m,...).
- S_0 là biên độ dài (cm, m, ...)

- α là li độ góc (rad).
- α_0 là biên độ góc (rad).
- $\omega = \sqrt{\frac{g}{l}}$ (rad/s) (g là gia tốc trọng trường m/s^2 , l là chiều dài dây treo (m))
- $T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ (s) là chu kỳ của con lắc đơn.
- $f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{l}}$ (Hz) là tần số của con lắc đơn.

4. Phương trình vận tốc trong dao động điều hòa của con lắc đơn

Tương tự như trong dao động điều hòa, vận tốc của con lắc đơn

$$v = s' = -\omega S_0 \sin(\omega t + \varphi).$$

Các nhận xét tương tự như nhận xét đối với vận tốc trong dao động điều hòa.

5. Phương trình gia tốc trong dao động điều hòa của con lắc đơn

$$a = v' = s'' = -\omega^2 S_0 \cos(\omega t + \varphi) = -\omega^2 s$$

Các nhận xét tương tự như nhận xét đối với gia tốc trong dao động điều hòa.

6. Các phương trình độc lập thời gian

Ta có các phương trình độc lập thời gian giống như phần dao động điều hòa đã trình bày. Ở đây li độ dài s giống với x .

$$\begin{cases} S_0^2 = s^2 + \frac{v^2}{\omega^2} = \frac{a^2}{\omega^4} + \frac{v^2}{\omega^2} \\ a = -\omega^2 s \end{cases} \xrightarrow{s=\alpha l} \begin{cases} \alpha_0^2 = \alpha^2 + \frac{v^2}{l^2 \omega^2} = \frac{a^2}{l^2 \omega^4} + \frac{v^2}{l^2 \omega^2} \\ \frac{a}{l} = -\omega^2 \alpha \end{cases}$$

7. Năng lượng của con lắc đơn

- **Động năng:** Động năng của con lắc đơn là động năng của vật (coi là chất điểm):

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

- **Thế năng:** Thế năng của con lắc đơn là thế năng trọng trường của vật. Nếu chọn mốc tính thế năng là vị trí cân bằng thì thế năng của con lắc đơn ở li độ góc α là

$$W_t = mgl(1 - \cos \alpha)$$

- **Cơ năng:** Nếu bỏ qua mọi ma sát thì cơ năng của con lắc đơn được bảo toàn

$$W = W_d + W_t = \frac{1}{2}mv^2 + mgl(1 - \cos \alpha) = \text{const}$$

VIII. CÁC LOẠI DAO ĐỘNG

1. Dao động tự do

Dao động tự do là dao động mà chu kỳ của hệ chỉ phụ thuộc vào đặc tính bên trong của hệ mà không phụ thuộc vào các yếu tố bên ngoài.

Ví dụ:

- Con lắc lò xo dao động với chu kì $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ chỉ phụ thuộc vào đặc tính riêng của hệ là m và k .
- Con lắc đơn có chu kì $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ chỉ phụ thuộc vào đặc tính riêng của hệ là l và g .

STUDY TIP

- Dao động tắt dần càng nhanh khi ma sát càng lớn.
- Khi ma sát nhỏ, dao động tắt dần có thể coi gần đúng là tuần hoàn với tần số góc bằng tần số góc của dao động điều hòa khi không có ma sát.

2. Dao động tắt dần

Dao động tắt dần là dao động có biên độ giảm dần theo thời gian.

- Nguyên nhân: Do ma sát, lực cản (độ nhớt) của môi trường gây ra.
- Ứng dụng: Sử dụng trong các thiết bị đóng cửa tự động, giảm xóc ô tô,...

3. Dao động duy trì

Dao động duy trì là dao động tắt dần được cung cấp năng lượng đúng bằng phần năng lượng bị tiêu hao do ma sát sau mỗi chu kì, hay nói cách khác, dao động được duy trì bằng cách giữ cho biên độ không đổi mà không làm thay đổi chu kì dao động riêng gọi là dao động duy trì.

- Ứng dụng: Chế tạo đồng hồ quả lắc.

4. Dao động cưỡng bức. Sự cộng hưởng

4.1. Định nghĩa

Dao động cưỡng bức là dao động của một vật chịu sự tác dụng của ngoại lực cưỡng bức biến thiên tuần hoàn theo thời gian.

$$F = F_0 \cos(\Omega t + \varphi).$$

4.2. Đặc điểm

Khác với dao động tắt dần, dao động cưỡng bức có các đặc điểm sau đây:

- Biên độ của dao động cưỡng bức không đổi.
- Tần số của dao động cưỡng bức bằng tần số của lực cưỡng bức.

$$f = f_F = \frac{\Omega}{2\pi}$$

Trong đó f là tần số của dao động cưỡng bức, f_F là tần số của lực cưỡng bức.

- Biên độ của dao động cưỡng bức A_{cb} phụ thuộc vào:

+ Biên độ của lực cưỡng bức F_0 .

+ Độ chênh lệch giữa tần số của lực cưỡng bức và tần số riêng (f_0) của hệ

$$|f - f_0|.$$

Độ chênh lệch này càng nhỏ thì biên độ của dao động cưỡng bức càng lớn.

+ Lực cản môi trường. Lực cản môi trường càng lớn thì biên độ của dao động cưỡng bức càng nhỏ và ngược lại.

4.3. Hiện tượng cộng hưởng

Hiện tượng cộng hưởng là hiện tượng biên độ dao động cưỡng bức tăng đến giá trị cực đại khi tần số f_F của lực cưỡng bức bằng tần số dao động riêng của hệ f_0 .

$$f_F = f_0$$

5. Ví dụ minh họa

Ví dụ 1: Một vật dao động tắt dần có các đại lượng giảm liên tục theo thời gian là:

A. biên độ và gia tốc.

B. li độ và tốc độ.

C. biên độ và năng lượng.

D. biên độ và tốc độ.

Lời giải

Theo định nghĩa về dao động tắt dần thì biên độ và năng lượng giảm liên tục theo thời gian.

Đáp án C.

Ví dụ 2: Phát biểu nào sau đây là sai khi nói về dao động cơ học?

A. Hiện tượng cộng hưởng (sự cộng hưởng) xảy ra khi tần số của ngoại lực điều hoà bằng tần số dao động riêng của hệ.

B. Biên độ dao động cưỡng bức của một hệ cơ học khi xảy ra hiện tượng cộng hưởng (sự cộng hưởng) không phụ thuộc vào lực cản của môi trường.

C. Tần số dao động cưỡng bức của một hệ cơ học bằng tần số của ngoại lực điều hoà tác dụng lên hệ ấy.

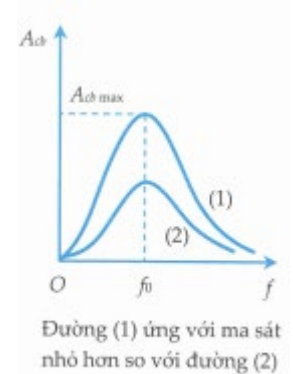
D. Tần số dao động tự do của một hệ cơ học là tần số dao động riêng của hệ ấy.

Lời giải

A. Đúng. Khi tần số của ngoại lực điều hoà bằng tần số dao động riêng của hệ thì hiện tượng cộng hưởng xảy ra

B. Sai. Biên độ dao động cưỡng bức của một hệ cơ học khi xảy ra hiện tượng cộng hưởng (sự cộng hưởng) phụ thuộc vào lực cản của môi trường.

C. Đúng. Trong dao động cưỡng bức thì tần số dao động cưỡng bức của một hệ cơ học bằng tần số của ngoại lực điều hoà tác dụng lên hệ ấy.



D. Đúng. Trong dao động tự do thì tần số của dao động tự do chính là tần số riêng của hệ đó.

Đáp án B.

Ví dụ 3: Khi xảy ra hiện tượng cộng hưởng cơ thì vật tiếp tục dao động:

- A. với tần số bằng tần số dao động riêng.
- B. mà không chịu ngoại lực tác dụng.
- C. với tần số lớn hơn tần số dao động riêng.
- D. với tần số nhỏ hơn tần số dao động riêng.

Lời giải

Khi xảy ra hiện tượng cộng hưởng cơ thì mặc dù vật dao động với biên độ cực đại nhưng nó vẫn dao động với tần số bằng tần số dao động riêng.

Đáp án A.

Ví dụ 4: Khi nói về một hệ dao động cưỡng bức ở giai đoạn ổn định, phát biểu nào dưới đây là sai?

- A. Tần số của hệ dao động cưỡng bức bằng tần số của ngoại lực cưỡng bức.
- B. Tần số của hệ dao động cưỡng bức luôn bằng tần số dao động riêng của hệ.
- C. Biên độ của hệ dao động cưỡng bức phụ thuộc vào tần số của ngoại lực cưỡng bức.
- D. Biên độ của hệ dao động cưỡng bức phụ thuộc vào biên độ của ngoại lực cưỡng bức.

Lời giải

B sai vì tần số của hệ dao động cưỡng bức chỉ bằng tần số dao động riêng của hệ khi hiện tượng cộng hưởng xảy ra.

Đáp án B.

Ví dụ 5: Phát biểu nào sau đây là đúng khi nói về dao động tắt dần?

- A. Dao động tắt dần có biên độ giảm dần theo thời gian.
- B. Cơ năng của vật dao động tắt dần không đổi theo thời gian.
- C. Lực cản môi trường tác dụng lên vật luôn sinh công dương.
- D. Dao động tắt dần là dao động chỉ chịu tác dụng của nội lực.

Lời giải

- A. Đúng. Theo định nghĩa: Dao động tắt dần có biên độ và năng lượng giảm dần theo thời gian.
- B. Sai, vì biên độ giảm dần theo thời gian nên cơ năng của vật dao động cũng giảm dần theo thời gian.
- C. Sai, vì lực cản môi trường tác dụng lên vật luôn sinh công âm.
- D. Sai, vì dao động tắt dần là dao động chịu tác dụng của ngoại lực như ma sát, lực cản môi trường.

Đáp án A.

Ví dụ 6: Khi nói về dao động cưỡng bức, phát biểu nào sau đây là đúng?

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

Lời giải

- A. Sai, vì dao động của con lắc đồng hồ là dao động duy trì.
B. Sai, vì biên độ dao động cưỡng bức phụ thuộc vào biên độ của lực cưỡng bức chứ không phải là biên độ của lực cưỡng bức.
C. Đúng.
D. Sai, dao động cưỡng bức có tần số bằng tần số của lực cưỡng bức.

Đáp án C.

Ví dụ 7: Một tấm ván có tần số riêng là 2Hz. Hỏi trong một 1 phút một người đi qua tấm ván phải đi bao nhiêu bước để tấm ván rung mạnh nhất:

- A. 60 bước. B. 30 bước. C. 80 bước. D. 120 bước.

Lời giải

Để tấm ván rung mạnh nhất thì hiện tượng cộng hưởng xảy ra, khi đó tần số riêng của tấm ván bằng tần số của dao động cưỡng bức do người tạo ra trên tấm ván $f_0 = f = 2 \text{ Hz}$.

Gọi số bước của người đó là x thì ta có $\frac{x}{60} = 2$ suy ra $x = 120$.

Đáp án D.

Ví dụ 8: Một con lắc lò xo có $k = 100 \text{ N/m}$, vật có khối lượng 1 kg, treo lò xo lên tàu biết mỗi thanh ray cách nhau 12,5m. Tính vận tốc của con tàu để vật dao động mạnh nhất.

- A. 19,89 m/s. B. 22 m/s. C. 22 km/h. D. 19,89 km/s.

Lời giải

Để vật trên con tàu dao động mạnh nhất thì xảy ra hiện tượng cộng hưởng, tần số riêng của con lắc phải bằng tần số dao động của con tàu. Khi đó ta có

$$f = f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}} = 1,59$$

Từ đó $T = 0,63\text{s}$ và $T = \frac{L}{v}$ nên $v = 19,89 \text{ m/s}$.

Đáp án A.

Ví dụ 9: Một con lắc lò xo có độ cứng $k = 400 \text{ N/m}$; $m = 0,1 \text{ kg}$ được kích thích bởi hai ngoại lực sau:

- Nếu chỉ kích thích bởi ngoại lực 1 có phương trình $f_1 = F \cos\left(8\pi t + \frac{\pi}{3}\right)$ cm thì biên độ dao động là A_1
- Nếu chỉ kích thích bởi ngoại lực 2 có phương trình $f_2 = F \cos(6\pi t + \pi)$ cm thì biên độ dao động là A_2 .

Tìm nhận xét đúng.

- A. $A_1 = A_2$ B. $A_1 > A_2$
C. $A_1 < A_2$ D. A và B đều đúng

Lời giải

Biên độ dao động không phụ thuộc vào pha ban đầu của ngoại lực, vậy để so sánh A_1 và A_2 ta sẽ so sánh tần số của f_1 và f_2 .

Vì biên độ dao động cưỡng bức phụ thuộc vào độ chênh lệch $|f - f_0|$, mà f tỉ lệ thuận với ω nên biên độ dao động cưỡng bức cũng phụ thuộc vào $|\omega - \omega_0|$.

Ta có

$$\begin{cases} \omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{400}{0,1}} = 20\pi \\ |\omega - \omega_1| = |20\pi - 8\pi| = 12\pi \Rightarrow |\omega - \omega_1| < |\omega - \omega_2| \\ |\omega - \omega_2| = |20\pi - 6\pi| = 14\pi \end{cases}$$

Từ đó suy ra $A_1 > A_2$ (vì độ chênh lệch càng nhỏ thì biên độ càng lớn).

Đáp án B.

6. Trắc nghiệm tự luyện

Câu 1: Nhận định nào sau đây là sai khi nói về hiện tượng cộng hưởng trong một hệ cơ học.

- A. Tần số dao động của hệ bằng với tần số của ngoại lực.
- B. Khi có cộng hưởng thì dao động của hệ không phải là điều hòa.
- C. Biên độ dao động lớn khi lực cản môi trường nhỏ.
- D. Khi có cộng hưởng thì dao động của hệ là dao động điều hòa.

Câu 2: Nhận xét nào sau đây về dao động tắt dần là đúng?

- A. Có tần số và biên độ giảm dần theo thời gian.
- B. Môi trường càng nhớt thì dao động tắt dần càng nhanh.
- C. Có năng lượng dao động luôn không đổi theo thời gian.
- D. Biên độ không đổi nhưng tốc độ dao động thì giảm dần.

Câu 3: Chọn phát biểu sai về dao động duy trì.

- A. Có chu kỳ bằng chu kỳ dao động riêng của hệ.
- B. Năng lượng cung cấp cho hệ đúng bằng phần năng lượng mất đi trong mỗi chu kỳ.
- C. Có tần số dao động không phụ thuộc năng lượng cung cấp cho hệ.
- D. Có biên độ phụ thuộc vào năng lượng cung cấp cho hệ trong mỗi chu kỳ.

Câu 4: Phát biểu nào dưới đây sai?

- A. Dao động tắt dần là dao động có biên độ giảm dần theo thời gian.
- B. Dao động cưỡng bức có tần số bằng tần số của ngoại lực.
- C. Dao động duy trì có tần số phụ thuộc vào năng lượng cung cấp cho hệ dao động.
- D. Cộng hưởng có biên độ phụ thuộc vào lực cản của môi trường.

Câu 5: Hiện tượng cộng hưởng thể hiện càng rõ nét khi

- A. Biên độ của lực cưỡng bức nhỏ.
- B. Độ nhớt của môi trường càng lớn.
- C. Tần số của lực cưỡng bức lớn.
- D. Lực cản, ma sát của môi trường nhỏ.

Câu 6: Để duy trì dao động cho một cơ hệ ta phải

- A. Làm nhẵn, bôi trơn để giảm ma sát.
- B. Tác dụng vào nó một lực không đổi theo thời gian.
- C. Tác dụng lên hệ một ngoại lực tuần hoàn.
- D. Cho hệ dao động với biên độ nhỏ để giảm ma sát.

Câu 7: Chọn câu sai khi nói về dao động cưỡng bức

- A. Tần số dao động bằng tần số của ngoại lực.
- B. Biên độ dao động phụ thuộc vào tần số của ngoại lực.
- C. Dao động theo quy luật hàm sin của thời gian.
- D. Tần số ngoại lực tăng thì biên độ dao động tăng.

Câu 8: Để duy trì dao động cho một cơ hệ mà không làm thay đổi chu kì riêng của nó, ta phải

- A. tác dụng vào vật dao động một ngoại lực không thay đổi theo thời gian.
- B. tác dụng vào vật dao động một ngoại lực biến thiên tuần hoàn theo thời gian.
- C. làm nhẵn, bôi trơn để giảm ma sát.
- D. tác dụng ngoại lực vào vật dao động cùng chiều với chuyển động trong một phần của từng chu kì.

Câu 9: Sau khi xảy ra hiện tượng cộng hưởng nếu

- A. Tăng độ lớn lực ma sát thì biên độ tăng.
- B. Tăng độ lớn lực ma sát thì biên độ giảm.
- C. Giảm độ lớn lực ma sát thì chu kì tăng.
- D. Giảm độ lớn lực ma sát thì tần số tăng.

Câu 10: Chọn nhận định sai

- A. Trong sự tự dao động, hệ tự điều khiển sự bù đắp năng lượng từ từ cho con lắc.
- B. Trong sự tự dao động, dao động duy trì theo tần số riêng của hệ.
- C. Trong dao động cưỡng bức, biên độ phụ thuộc vào hiệu số tần số cưỡng bức và tần số riêng.
- D. Biên độ dao động cưỡng bức không phụ thuộc vào cường độ của ngoại lực.

Câu 11: Phát biểu nào sau đây là đúng?

- A. Dao động duy trì là dao động tắt dần mà người ta đã kích thích lại dao động sau khi dao động bị tắt hẳn.
- B. Dao động duy trì là dao động tắt dần mà người ta đã làm mất lực cản của môi trường đối với vật dao động.
- C. Dao động duy trì là dao động tắt dần mà người ta đã tác dụng ngoại lực vào vật dao động cùng chiều với chiều chuyển động trong một phần của từng chu kỳ.
- D. Dao động duy trì là dao động tắt dần mà người ta đã tác dụng ngoại lực biến đổi điều hoà theo thời gian vào vật dao động.

Câu 12: Chọn phát biểu sai:

- A. Hai dao động điều hoà cùng tần số, ngược pha thì li độ của chúng luôn luôn đối nhau.
- B. Khi vật nặng của con lắc lò xo đi từ vị trí biên đến vị trí cân bằng thì vector vận tốc và vector gia tốc luôn luôn cùng chiều.
- C. Trong dao động điều hoà, khi độ lớn của gia tốc tăng thì độ lớn của vận tốc giảm.
- D. Dao động tự do là dao động có tần số chỉ phụ thuộc đặc tính của hệ, không phụ thuộc các yếu tố bên ngoài.

Câu 13: Chọn câu sai khi nói về dao động:

- A. Dao động của cây khi có gió thổi là dao động cưỡng bức.
- B. Dao động của đồng hồ quả lắc là dao động duy trì.
- C. Dao động của pittông trong xilanh của xe máy khi động cơ hoạt động là dao động điều hoà.
- D. Dao động của con lắc đơn khi bỏ qua ma sát và lực cản môi trường luôn là dao động điều hoà.

Câu 14: Nhận xét nào sau đây là không đúng?

- A. Dao động duy trì có chu kì bằng chu kì dao động riêng của con lắc.
- B. Dao động tắt dần càng nhanh nếu lực cản của môi trường càng lớn.
- C. Biên độ dao động cưỡng bức không phụ thuộc vào tần số lực cưỡng bức.
- D. Dao động cưỡng bức có tần số bằng tần số của lực cưỡng bức.

Câu 15: Một vật dao động riêng với tần số là $f = 10\text{Hz}$. Nếu tác dụng vào vật ngoại lực có tần số $f_1 = 5\text{Hz}$ thì biên độ là A_1 . Nếu tác dụng vào vật ngoại lực có tần số biến đổi là $f_2 = 8\text{Hz}$ và cùng giá trị biên độ với ngoại lực thứ nhất thì vật dao động với biên độ A_2 (mọi điều kiện khác không đổi). Tìm phát biểu đúng?

- A. Biên độ thứ hai bằng biên độ thứ nhất.
- B. Biên độ thứ hai lớn hơn biên độ thứ nhất.
- C. Biên độ dao động thứ nhất lớn hơn.
- D. Không kết luận được.

Câu 16: Một tấm ván có tần số riêng là 2Hz . Hỏi trong một 1 phút một người đi qua tấm ván phải đi bao nhiêu bước để tấm ván rung mạnh nhất:

- A. 60 bước
- B. 30 bước
- C. 80 bước
- D. 120 bước

Câu 17: Một con lắc đơn có $l = 1\text{ m}$; $g = 10\text{ m/s}^2$ được treo trên một xe ô tô, khi xe đi qua phần đường mấp mô, cứ 12m lại có một chỗ gồ ghề, tính vận tốc của vật để con lắc dao động mạnh nhất.

- A. 6 m/s
- B. 6 km/h
- C. 60 km/h
- D. 36 km/s

Câu 18: Một con lắc lò xo có $k = 100\text{ N/m}$, vật có khối lượng 1 kg , treo lò xo lên tàu biết mỗi thanh ray cách nhau $12,5\text{m}$. Tính vận tốc của con tàu để vật dao động mạnh nhất.

- A. $19,89\text{ m/s}$
- B. 22 m/s
- C. 22 km/h
- D. $19,89\text{ km/s}$

Câu 19: Một con lắc lò xo có $K = 50\text{N/m}$. Tính khối lượng của vật treo vào lò xo biết rằng mỗi thanh ray dài $12,5\text{m}$ và khi vật chuyển động với $v = 36\text{km/h}$ thì con lắc dao động mạnh nhất.

- A. $1,95\text{ kg}$
- B. $1,90\text{ kg}$
- C. $15,9\text{ kg}$
- D. Đáp án khác

Câu 20: Một con lắc lò xo có độ cứng $k = 400\text{N/m}$; $m = 0,1\text{ kg}$ được kích thích bởi hai ngoại lực sau

- Nếu chỉ kích thích bởi ngoại lực 1 có phương trình $f_1 = F \cos\left(8\pi t + \frac{\pi}{3}\right)$ cm thì biên độ dao động là A_1 .
- Nếu chỉ kích thích bởi ngoại lực 2 có phương trình $f_2 = F \cos(6\pi t + \pi)$ cm thì biên độ dao động là A_2 .

Tìm nhận xét đúng

- A. $A_1 = A_2$
- B. $A_1 > A_2$
- C. $A_1 < A_2$
- D. A và B đều đúng

Câu 21: Một con lắc lò xo, nếu chịu tác dụng của hai ngoại lực $f_1 = 6\text{Hz}$ và $f_2 = 10\text{Hz}$ có cùng độ lớn biên độ thì thấy biên độ dao động cưỡng bức là như nhau và là A_1 . Nếu dùng ngoại lực $f_3 = 8\text{Hz}$ có biên độ như ngoại lực 1 và 2 thì biên độ dao động cưỡng bức sẽ là A_2 . Tìm nhận xét đúng?

- A. $A_1 = A_2$ B. $A_1 > A_2$ C. $A_1 < A_2$ D. Không thể kết luận

Câu 22: Một con lắc lò xo có độ cứng $k = 100 \text{ N/m}$ và vật nặng $m = 0,1 \text{ kg}$. Hãy tìm nhận xét đúng

- A. Khi tần số ngoại lực $< 10 \text{ Hz}$ thì khi tăng tần số biên độ dao động cưỡng bức tăng lên.
B. Khi tần số ngoại lực $< 5 \text{ Hz}$ thì khi tăng tần số biên độ dao động cưỡng bức tăng lên.
C. Khi tần số ngoại lực $> 5 \text{ Hz}$ thì khi tăng tần số biên độ dao động cưỡng bức tăng lên.
D. Khi tần số ngoại lực $> 10 \text{ Hz}$ thì khi tăng tần số biên độ dao động cưỡng bức tăng lên.

Câu 23: Phát biểu nào sau đây là sai khi nói về dao động cơ học?

A. Hiện tượng cộng hưởng (sự cộng hưởng) xảy ra khi tần số của ngoại lực điều hoà bằng tần số dao động riêng của hệ.

B. Biên độ dao động cưỡng bức của một hệ cơ học khi xảy ra hiện tượng cộng hưởng (sự cộng hưởng) không phụ thuộc vào lực cản của môi trường.

C. Tần số dao động cưỡng bức của một hệ cơ học bằng tần số của ngoại lực điều hoà tác dụng lên hệ ấy.

D. Tần số dao động tự do của một hệ cơ học là tần số dao động riêng của hệ ấy.

Câu 24: Khi xảy ra hiện tượng cộng hưởng cơ thì vật tiếp tục dao động

- A. với tần số bằng tần số dao động riêng. B. mà không chịu ngoại lực tác dụng.
C. với tần số lớn hơn tần số dao động riêng. D. với tần số nhỏ hơn tần số dao động riêng.

Câu 25: Nhận định nào sau đây sai khi nói về dao động cơ học tắt dần?

A. Dao động tắt dần có động năng giảm dần còn thế năng biến thiên điều hoà.

B. Dao động tắt dần là dao động có biên độ giảm dần theo thời gian.

C. Lực ma sát càng lớn thì dao động tắt càng nhanh.

D. Trong dao động tắt dần, cơ năng giảm dần theo thời gian.

Câu 26: Một con lắc lò xo gồm viên bi nhỏ khối lượng m và lò xo khối lượng không đáng kể có độ cứng 10 N/m . Con lắc dao động cưỡng bức dưới tác dụng của ngoại lực tuần hoàn có tần số góc ω_F . Biết biên độ của ngoại lực tuần hoàn không thay đổi. Khi thay đổi ω_F thì biên độ dao động của viên bi thay đổi và khi $\omega_F = 10 \text{ rad/s}$ thì biên độ dao động của viên bi đạt giá trị cực đại. Khối lượng m của viên bi bằng

- A. 40 gam B. 10 gam C. 120 gam D. 100 gam

Câu 27: Khi nói về một hệ dao động cưỡng bức ở giai đoạn ổn định. Phát biểu nào dưới đây là sai?

A. Tần số của hệ dao động cưỡng bức bằng tần số của ngoại lực cưỡng bức.

B. Tần số của hệ dao động cưỡng bức luôn bằng tần số dao động riêng của hệ.

C. Biên độ của hệ dao động cưỡng bức phụ thuộc vào tần số của ngoại lực cưỡng bức.

D. Biên độ của hệ dao động cưỡng bức phụ thuộc biên vào độ của ngoại lực cưỡng bức.

Câu 28: Phát biểu nào sau đây là đúng khi nói về dao động tắt dần?

A. Dao động tắt dần có biên độ giảm dần theo thời gian.

B. Cơ năng của vật dao động tắt dần không đổi theo thời gian.

C. Lực cản môi trường tác dụng lên vật luôn sinh công dương.

D. Dao động tắt dần là dao động chỉ chịu tác dụng của nội lực.

Câu 29: Khi nói về dao động cưỡng bức, phát biểu nào sau đây là đúng?

A. Dao động của con lắc đồng hồ là dao động cưỡng bức.

B. Biên độ của dao động cưỡng bức là biên độ của lực cưỡng bức.

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

D. Dao động cưỡng bức có tần số nhỏ hơn tần số của lực cưỡng bức.

Câu 30: Khi một vật dao động điều hòa thì

A. lực kéo về tác dụng lên vật có độ lớn cực đại khi vật ở vị trí cân bằng.

B. gia tốc của vật có độ lớn cực đại khi vật ở vị trí cân bằng.

C. lực kéo về tác dụng lên vật có độ lớn tỉ lệ với bình phương biên độ.

D. vận tốc của vật có độ lớn cực đại khi vật ở vị trí cân bằng.

Câu 31: Một vật dao động tắt dần có các đại lượng giảm liên tục theo thời gian là

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

ĐÁP ÁN

1-B	2-B	3-D	4-C	5-D	6-C	7-D	8-D	9-B	10-D
11-C	12-A	13-D	14-C	15-B	16-D	17-A	18-A	19-A	20-B
21-C	22-B	23-B	24-A	25-A	26-D	27-B	28-A	29-C	30-D
31-C									