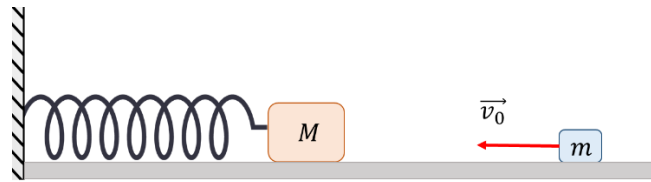


CHỦ ĐỀ 2. CON LẮC Lò XO

Phần 1. Kích thích dao động bằng va chạm

1.1. Va chạm theo phương ngang



Vật M nối với lò xo nhẹ có độ cứng k . Ban đầu, vật M đứng yên tại vị trí cân bằng. Vật m đang chuyển động với tốc độ v_0 đến va chạm trực diện với M. Hai vật chuyển động không ma sát trên mặt ngang.

❖ **Va chạm mềm:** Sau va chạm hai vật dính liền với nhau và chuyển động với cùng vận tốc. Áp dụng định luật bảo toàn động lượng cho hệ ngay trước và sau va chạm: $m\vec{v}_0 = (m + M)\vec{V} \Rightarrow \vec{V} = \frac{m\vec{v}_0}{m + M}$ (vận tốc của hệ ở VTCB).

Nếu sau va chạm hệ hai vật dao động điều hòa thì
$$\begin{cases} \omega = \sqrt{\frac{k}{m + M}} \\ A = \frac{V}{\omega} \end{cases}$$

Trong va chạm mềm, cơ năng của hệ không bảo toàn.

❖ **Va chạm đàn hồi xuyên tâm:** Sau va chạm hai vật tách rời nhau, vận tốc của vật m và M lần lượt là \vec{v} và \vec{V} . Áp dụng định luật bảo toàn động lượng và bảo toàn cơ năng cho hệ ngay trước và sau va chạm:

$$\begin{cases} m\vec{v}_0 = m\vec{v} + M\vec{V} \\ \frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}MV^2 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} \vec{V} = \frac{2m\vec{v}_0}{m + M} \\ \vec{v} = \left(\frac{m - M}{m + M}\right) \cdot \vec{v}_0 \end{cases} \quad (V \text{ là vận tốc của M ở VTCB})$$

Nếu $m = M$ thì sau va chạm 2 vật trao đổi vận tốc cho nhau

Nếu sau va chạm M dao động điều hòa thì
$$\begin{cases} \omega = \sqrt{\frac{k}{M}} \\ A = \frac{V}{\omega} \end{cases}$$

1.2. Va chạm theo phương thẳng đứng

Vật m được thả rơi tự do từ độ cao h so với VTCB của vật M đến va chạm với M.

Tốc độ của m ngay trước va chạm: $v_0 = \sqrt{2gh}$

❖ Nếu là va chạm đàn hồi thì VTCB không thay đổi. Ta có

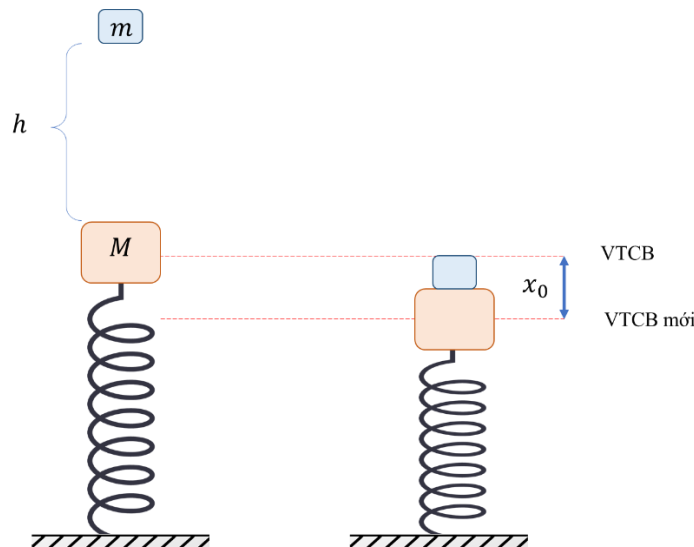
$$\begin{cases} \vec{V} = \frac{2m\vec{v}_o}{m+M} \\ \vec{v} = \left(\frac{m-M}{m+M}\right)\vec{v}_o \end{cases}$$

với V là vận tốc của M ở VTCB $\Rightarrow A = \frac{V}{\omega} = \frac{V}{\sqrt{\frac{k}{M}}}$

❖ Nếu là va chạm mềm thì VTCB mới thấp hơn VTCB cũ một đoạn $x_o = \frac{mg}{k}$ và vận tốc của hệ sau va chạm:

$$\vec{V} = \frac{m\vec{v}_o}{m+M} \text{ (vận tốc của vật ở cách VTCB mới một đoạn } x_o \text{).}$$

Biên độ sau va chạm: $A = \sqrt{x_o^2 + \frac{V^2}{\omega^2}}$ với $\omega = \sqrt{\frac{k}{M+m}}$



1.3. Mở rộng

Nếu vật khối lượng m_1 và m_2 va chạm trực diện với nhau trên phương ngang. Vận tốc ban đầu của các vật lần lượt là \vec{v}_{01} và \vec{v}_{02} , vận tốc ngay sau va chạm của các vật là \vec{v}_1 và \vec{v}_2 . Áp dụng định luật bảo toàn động lượng cho hệ 2 vật trước và ngay sau va chạm: $m_1\vec{v}_{01} + m_2\vec{v}_{02} = m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2$ (1)

Do va chạm hoàn toàn đàn hồi và cùng trên phương ngang nên động năng của hệ được bảo toàn:

$$\frac{1}{2}m_1v_{10}^2 + \frac{1}{2}m_2v_{20}^2 = \frac{1}{2}m_1v_1^2 + \frac{1}{2}m_2v_2^2 \quad (2)$$

$$\text{Từ (1) suy ra: } m_1(\vec{v}_{01} - \vec{v}_1) = m_2(\vec{v}_2 - \vec{v}_{02}) \quad (1')$$

$$\text{Biến đổi (2) thành: } m_1(v_{01}^2 - v_1^2) = m_2(v_2^2 - v_{02}^2) \Leftrightarrow m_1(\vec{v}_{01}^2 - \vec{v}_1^2) = m_2(\vec{v}_2^2 - \vec{v}_{02}^2) \quad (2')$$

Chia (2') cho (1') ta có: $(\vec{v}_{01} + \vec{v}_1) = (\vec{v}_2 + \vec{v}_{02})$

Nhân hai vế của phương trình này với m_1 ta có: $m_1 (\vec{v}_{01} + \vec{v}_1) = m_1 (\vec{v}_2 + \vec{v}_{02})$ (3)

Cộng (3) với (1') ta tìm được vận tốc của vật thứ hai sau va chạm:

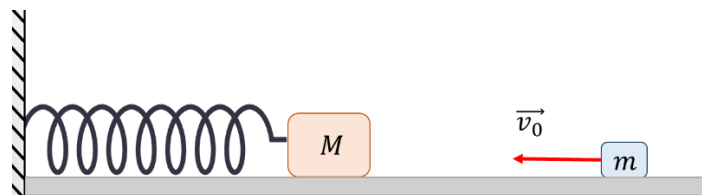
$$\vec{v}_2 = \frac{2m_1 \vec{v}_{01} - (m_1 - m_2) \vec{v}_{02}}{m_1 + m_2} \quad (a)$$

$$\vec{v}_1 = \frac{2m_2 \vec{v}_{02} + (m_1 - m_2) \vec{v}_{01}}{m_1 + m_2} \quad (b)$$

Câu 1. Lò xo có khối lượng không đáng kể, độ cứng $k = 60 \text{ N/m}$. Vật $M = 600\text{g}$ có thể trượt không ma sát trên mặt phẳng nằm ngang. Hệ đang ở trạng thái cân bằng, dùng một vật $m = 200\text{g}$ bắn vào M theo phương nằm ngang với vận tốc $v_0 = 2\text{ m/s}$. Biết quá trình va chạm hoàn toàn đàn hồi. Sau va chạm vật M dao động điều hòa theo phương ngang. Tính biên độ dao động của M sau va chạm bằng

- A. 6 cm B. 10 cm C. 8 cm D. 8,8 cm

Câu 2. Cho cơ hệ như hình vẽ, lò xo lý tưởng có độ cứng $k = 100\text{N/m}$ được gắn chặt ở tường tại Q , vật $M = 200\text{g}$ được gắn với lò xo bằng một mối hàn, vật M đang ở vị trí cân bằng thì vật $m = 50 \text{ g}$ bay tới dưới vận tốc $v_0 = 2 \text{ m/s}$ và chạm mềm với vật M . Sau va chạm hai vật dính liền với nhau và dao động điều hòa. Bỏ qua ma sát giữa các vật với mặt phẳng ngang. Sau một thời gian dao động, mối hàn gắn giữa M và lò xo bị lỏng dần, ở thời điểm t hệ vật đang ở vị trí lực nén của lò xo vào Q cực đại. Biết rằng, kể từ thời điểm t mối hàn có thể chịu được một lực nén tùy ý nhưng chỉ chịu được một lực kéo tối đa là 1 N . Sau khoảng thời gian ngắn nhất là bao nhiêu (tính từ thời điểm t) mối hàn sẽ bị bật ra



- A. $t_{\min} = \frac{\pi}{10} s$ B. $t_{\min} = \frac{\pi}{30} s$ C. $t_{\min} = \frac{\pi}{5} s$ D. $t_{\min} = \frac{\pi}{20} s$

Câu 3. Một vật có khối lượng $m = 100 \text{ g}$ được mắc vào một lò xo nhẹ có $k = 100 \text{ N/m}$, đầu kia được nối với tường. Bỏ qua ma sát trong quá trình chuyển động. Đặt vật thứ hai có khối lượng $m' = 300 \text{ g}$ sát vật m và đưa hệ về vị trí lò xo nén 4 cm sau đó buông nhẹ. Tính khoảng cách giữa hai vật khi hai vật chuyển động ngược chiều nhau lần đầu tiên.

- A. 10,28 cm B. 5,14 cm C. 1,14 cm D. 2,28 cm

Câu 3. Con lắc lò xo nằm ngang gồm lò xo có độ cứng $k = 100 \text{ N/m}$ gắn với vật $m_1 = 100\text{g}$. Ban đầu vật m_1 được lò xo giữ tại vị trí lò xo bị nén 4cm , đặt vật $m_2 = 300\text{g}$ tại vị trí cân bằng O của m_1 . Buông nhẹ m_1 để nó đến va chạm mềm với m_2 , hai vật dính vào nhau, coi các vật là chất điểm, bỏ qua mọi ma sát, lấy $\pi^2 = 10$. Quãng đường vật m_1 đi được sau 2s kể từ khi buông m_1 là

- A. $40,58\text{cm}$ B. $42,58\text{cm}$ C. $38,58\text{cm}$ D. $36,58\text{cm}$

Câu 4. Một con lắc lò xo gồm lò xo có độ cứng k và vật có khối lượng m_1 , dao động điều hòa trên mặt ngang. Khi li độ m_1 là $2,5 \text{ cm}$ thì vận tốc của nó là $25\sqrt{3}\text{cm/s}$. Khi li độ là $2,5\sqrt{3}\text{cm}$ thì vận tốc là 25 cm/s . Đúng lúc m_1 qua vị trí cân bằng thì vật m_2 cùng khối lượng chuyển động ngược chiều với vận tốc 1m/s đến va chạm đàn hồi xuyên tâm với m_1 . Chọn gốc thời gian là lúc va chạm, vào thời điểm mà tốc độ của m_1 bằng $\sqrt{3}$ lần tốc độ của m_2 lần thứ nhất thì hai vật cách nhau bao nhiêu?

- A. $13,9 \text{ cm}$ B. $7,6 \text{ cm}$ C. $10\sqrt{3}\text{cm}$ D. $5\sqrt{3}\text{cm}$

Câu 5. Con lắc lò xo có độ cứng $k = 200 \text{ N/m}$ treo vật nặng khối lượng $m_1 = 1\text{kg}$ đang dao động điều hòa theo phương thẳng đứng với biên độ $A = 12,5 \text{ cm}$. Khi m_1 xuống đến vị trí thấp nhất thì một vật nhỏ khối lượng $m_2 = 0,5 \text{ kg}$ bay theo phương thẳng đứng tới cắm vào m_1 với vận tốc 6m/s . Xác định biên độ dao động của hệ hai vật sau va chạm.

- A. 20 cm B. 24 cm C. 18 cm D. 22 cm

Câu 6. Một quả cầu khối lượng $M = 0,2 \text{ kg}$, gắn trên lò xo nhẹ thẳng đứng có độ cứng 20 N/m , đầu dưới của lò xo gắn với đế có khối lượng M_d . Một vật nhỏ có khối lượng $m = 0,1 \text{ kg}$ rơi tự do từ độ cao $h = 0,45\text{m}$ xuống va chạm đàn hồi với M. Lấy gia tốc trọng trường $g = 10 \text{ m/s}^2$. Sau va chạm vật M dao động điều hòa theo phương thẳng đứng trùng với trục của lò xo. Muốn để không bị nhấc lên thì M_d không nhỏ hơn

- A. 300g B. 200g C. 600g D. 120g

Phần 2. BIẾN ĐỘ MỚI CỦA CON LẮC SAU BIẾN CỐ

Xét một con lắc lò xo, vị trí cân bằng là vị trí có tổng hợp lực bằng không:

$$\vec{F}_{hl} = \vec{0} \Rightarrow \vec{F}_{dh} + \vec{F}_{khac} = \vec{0} \Rightarrow F_{dh} = F_{khac} \Rightarrow k.\Delta\ell_o = F_{khac} = \Delta\ell_o = \frac{F_{khac}}{k}$$

Với \vec{F}_{khac} là tổng các lực tác dụng lên vật nặng trừ lực đàn hồi \vec{F}_{dh} .

Để thay đổi vị trí cân bằng người ta có thể thêm hoặc bớt lực \vec{F}_t tác dụng vào vật:

$$\vec{F}_{hl} = \vec{0} \Rightarrow \vec{F}_{dh}' + \vec{F}_{khac} + \vec{F}_t = \vec{0}$$

$$\text{Đặt } \vec{F}_{khac} + \vec{F}_t = \vec{F}_{khac}' \Rightarrow F_{dh}' = F_{khac}' \Rightarrow k.\Delta\ell_o' = F_{khac}' \Rightarrow \Delta\ell_o' = \frac{F_{khac}'}{k}$$

$\Rightarrow \Delta\ell_o \neq \Delta\ell_o'$: VTCB của CLLX đã thay đổi

Như vậy. khi thêm hay bớt lực \vec{F}_t thì vị trí cân bằng thay đổi dịch chuyển theo hướng của lực \vec{F}_t đến

vị trí mới cách vị trí cân bằng cũ một đoạn: $OO' = \Delta\ell_o' - \Delta\ell_o = \frac{F_t}{k}$

CLLX dao động quanh vị trí cân bằng của nó. Nếu vị trí cân bằng của nó thay đổi thì tính chất dao động của nó thay đổi.

Hướng làm giải quyết bài toán có vị trí cân bằng thay đổi: Xác định thời điểm thay đổi VTCB (thời điểm thêm hoặc bớt lực). Xét thời điểm ngay trước và ngay sau khi thay đổi VTCB:

	Ngay trước	Ngay sau
VTCB	O	O'
Vận tốc	v	v' = v
Li độ	x (so với gốc O)	$x' = x \pm OO'$ (so với gốc O')
		Với $OO' = \frac{F_t}{k}$
Tần số góc	ω	ω' (tùy xem m, k có thay đổi không)
Biên độ	$A = \sqrt{\left(\frac{v}{\omega}\right)^2 + x^2}$	$A' = \sqrt{\left(\frac{v'}{\omega'}\right)^2 + x'^2}$

Chú ý:

- Khi con lắc lò xo dao động điều hòa được đặt thêm hoặc lấy bớt gia trọng Δm sẽ chịu thêm hoặc bớt đi tác dụng của trọng lực $\pm \overrightarrow{P_{\Delta m}} = \pm \Delta m \cdot \vec{g}$.
- Khi con lắc dao động điều hòa tích điện đặt trong điện trường sẽ chịu thêm tác dụng của lực điện:

$$\overrightarrow{F_d} = q\overrightarrow{E} \begin{cases} q > 0 \Rightarrow \overrightarrow{F_d} \uparrow \uparrow \overrightarrow{E} \\ q < 0 \Rightarrow \overrightarrow{F_d} \uparrow \downarrow \overrightarrow{E} \end{cases}$$

Câu 7. Một con lắc lò xo dao động điều hòa theo phương thẳng đứng trùng với trục của lò xo với biên độ 4cm. Biết lò xo nhẹ có độ cứng 100 N/m và lấy gia tốc trọng trường $g = 10 \text{ m/s}^2$. Khi vật đến vị trí cao nhất, ta đặt nhẹ nhàng lên nó một gia trọng $\Delta m = 150 \text{ g}$ thì cả hai cùng dao động điều hòa. Biên độ dao động sau khi đặt là

- A. 2,5 cm B. 2 cm C. 5,5 cm D. 7cm

Câu 8. Hai vật A và B có cùng khối lượng 1 kg và có kích thước nhỏ được nối với nhau bởi sợi dây mảnh nhẹ dài 10 cm, hai vật được treo vào lò xo có độ cứng $k = 100 \text{ N/m}$ tại nơi có gia tốc trọng trường $g = 10 \text{ m/s}^2$, lấy $\pi^2 = 10$. Khi hệ vật và lò xo đang ở VTCB người ta đốt sợi dây nối hai vật và vật B sẽ rơi tự do còn vật A sẽ dao động điều hòa. Lần đầu tiên vật A lên đến vị trí cao nhất thì khoảng cách giữa hai vật bằng bao nhiêu? Biết rằng độ cao đủ lớn

- A. 70 cm B. 50 cm C. 80 cm D. 20 cm

Câu 9. Một con lắc lò xo gồm vật nhỏ có khối lượng 100g và lò xo có độ cứng 40N/m được đặt trên mặt phẳng ngang không ma sát. Vật nhỏ đang nằm yên ở vị trí cân bằng, tại $t = 0$, tác dụng lực $F = 2 \text{ N}$ lên vật nhỏ (hình vẽ) cho con lắc dao động điều hòa đến thời điểm $t = \pi/3 \text{ s}$ thì ngừng tác dụng lực F. Dao động điều hòa của con lắc sau khi không còn lực F tác dụng có giá trị biên độ gần giá trị nào nhất sau đây?



- A. 9 cm B. 7 cm C. 5 cm D. 11 cm

Câu 10. Một lò xo nhẹ có độ cứng 100N/m, đầu trên gắn cố định đầu dưới treo quả cầu nhỏ có khối lượng $m = 1 \text{ kg}$ sao cho vật có thể dao động không ma sát theo phương thẳng đứng trùng với trục của lò xo. Lúc đầu dùng bàn tay đỡ m để lò xo không biến dạng. Sau đó cho bàn tay chuyển động thẳng đứng xuống dưới nhanh dần đều với gia tốc 2 m/s^2 . Bỏ qua mọi ma sát. Lấy gia tốc trọng trường $g = 10 \text{ (m/s}^2)$. Khi m rời khỏi tay nó dao động điều hòa. Biên độ dao động điều hòa là

- A. 1,5 cm B. 2 cm C. 6 cm D. 1,2 cm

Câu 11. Một con lắc lò xo nằm ngang một đầu gắn với điểm cố định, một đầu gắn với vật nặng M, lò xo có độ cứng $k = 80\text{N/m}$. Ban đầu vật đứng yên ở vị trí lò xo tự nhiên. Sau đó người ta tác dụng một ngoại lực không đổi $F = 4\text{N}$. Sau khi vật đi được quãng đường là $6,4\text{ cm}$ kể từ thời điểm tác dụng ngoại lực thì dừng tác dụng ngoại lực. Biên độ dao động của con lắc sau đó là

- A. 7 cm B. 8 cm C. 9 cm D. 10 cm

Câu 12. Một con lắc lò xo nằm ngang gồm vật nặng khối lượng 100g , tích điện $q = 5 \cdot 10^{-6}\text{ C}$ và lò xo có độ cứng $k = 10\text{N/m}$. Khi vật đang ở vị trí cân bằng, người ta kích thích dao động bằng cách tạo ra một điện trường đều theo phương nằm ngang dọc theo trục của lò xo và có cường độ $E = 10^4\text{ V/m}$ trong khoảng thời gian $\Delta t = 0,05\pi\text{ s}$ rồi ngắt điện trường. Bỏ qua mọi ma sát. Tính năng lượng dao động của con lắc khi ngắt điện trường.

- A. 0,25 mJ B. 0,0375 J C. 0,025 J D. 0,0125J