



TÀI LIỆU ÔN THI THPT QUỐC GIA 2019

CHUYÊN ĐỀ: DAO ĐỘNG CƠ

CHỦ ĐỀ: CON LẮC ĐƠN

Thầy Đỗ Ngọc Hà

1. Lý thuyết

+ Con lắc đơn gồm một sợi dây có khối lượng không đáng kể, không dẫn, chiều dài l , một đầu được gắn cố định, đầu kia được gắn vật nặng có kích thước không đáng kể và có khối lượng m .

+ Phương trình dao động của con lắc đơn khi $\sin\alpha \approx \alpha$ (rad):

$$s = S_0 \cos(\omega t + \varphi) \text{ hoặc } \alpha = \alpha_0 \cos(\omega t + \varphi).$$

+ Chu kì, tần số, tần số góc: $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$; $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{l}}$; $\omega = \sqrt{\frac{g}{l}}$.

+ Chu kì dao động của con lắc đơn không phụ thuộc vào khối lượng của vật nặng mà chỉ phụ thuộc vào độ cao, độ sâu so với mặt đất, phụ thuộc vào vĩ độ địa lí trên Trái Đất và phụ thuộc vào nhiệt độ của môi trường đặt con lắc.

+ Xác định gia tốc rơi tự do nhờ con lắc đơn: $g = \frac{4\pi^2 l}{T^2}$.

+ Khi con lắc đơn dao động điều hòa có sự chuyển hóa qua lại giữa động năng và thế năng nhưng tổng của chúng tức là cơ năng sẽ được bảo toàn nếu bỏ qua ma sát.

+ Ở vị trí cân bằng vật nặng có tốc độ cực đại và có gia tốc bằng 0.

+ Khi vật chuyển động từ vị trí cân bằng ra biên: $|v| \searrow$; $|a| \nearrow$; $W_d \searrow$; $W_t \nearrow$.

+ Ở vị trí biên vật nặng có vận tốc bằng 0; gia tốc có độ lớn đạt cực đại.

+ Khi vật chuyển động từ biên về vị trí cân bằng: $|v| \nearrow$; $|a| \searrow$; $W_d \nearrow$; $W_t \searrow$.

+ Tại vị trí cân bằng ($\alpha = 0$): $W_t = 0$; $W_d = W_{d\max} = W$.

+ Tại vị trí biên ($\alpha = \pm \alpha_0$): $W_d = 0$; $W_t = W_{t\max} = W$.

2. Công thức

+ Phương trình dao động: $s = S_0 \cos(\omega t + \varphi)$ hay $\alpha = \alpha_0 \cos(\omega t + \varphi)$;

với $s = \alpha l$; $S_0 = \alpha_0 l$; (α và α_0 sử dụng đơn vị đo là rad).

+ Tần số góc, chu kì, tần số: $\omega = \sqrt{\frac{g}{l}}$; $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$; $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{l}}$.

+ Nếu con lắc chiều dài l_1 dao động với chu kì T_1 , con lắc chiều dài l_2 dao động với chu kì T_2 , con lắc có chiều dài $(l_1 + l_2)$ dao động với chu kì T_+ , con lắc có chiều dài $(l_1 - l_2)$ với $l_1 > l_2$ dao động với chu kì T . thì ta có mối liên hệ:

$$T = \sqrt{T_1^2 + T_2^2}; T_- = \sqrt{T_1^2 - T_2^2}; T_+ = \sqrt{T_+^2 + T_-^2}; T_2 = \sqrt{T_+^2 - T_-^2}.$$

+ Vận tốc khi đi qua vị trí có li độ góc α : $v = \sqrt{2gl(\cos\alpha - \cos\alpha_0)}$.

Vận tốc khi đi qua vị trí cân bằng: $|v| = v_{\max} = \sqrt{2gl(1 - \cos\alpha_0)}$.

Nếu $\alpha_0 \leq 10^\circ$: $v = \sqrt{gl(\alpha_0^2 - \alpha^2)}$; $v_{\max} = \alpha_0 \sqrt{gl}$; α và α_0 có đơn vị đo là rad.

+ Sức căng của sợi dây: $T_\alpha = mg\cos\alpha + \frac{mv^2}{l} = mg(3\cos\alpha - 2\cos\alpha_0)$.

$T_{\text{VTCB}} = T_{\max} = mg(3 - 2\cos\alpha_0)$; $T_{\text{biên}} = T_{\min} = mg\cos\alpha_0$.

Khi $\alpha_0 \leq 10^\circ$: $T = 1 + \alpha_0^2 - \frac{3}{2}\alpha^2$; $T_{\max} = mg(1 + \alpha_0^2)$; $T_{\min} = mg(1 - \frac{\alpha_0^2}{2})$.

+ Chu kỳ của con lắc đơn thay đổi theo độ cao, độ sâu so với mặt đất:

- Ở độ cao h : $T_h = T(1 + \frac{h}{R})$; ở độ sâu d : $T_d = (1 + \frac{1}{2}\frac{d}{R})$.

+ Chu kỳ của con lắc đơn thay đổi theo nhiệt độ:

$T_2 = T_1(1 + \frac{1}{2}\alpha(t_2 - t_1))$; với α là hệ số nở dài.

+ Khi đưa lên cao mà nhiệt độ thay đổi: $\frac{T_2}{T_1} = 1 + \frac{1}{2}\alpha(t_2 - t_1) + \frac{h}{R}$.

+ Khi đưa xuống sâu mà nhiệt độ thay đổi: $\frac{T_2}{T_1} = 1 + \frac{1}{2}\alpha(t_2 - t_1) + \frac{h}{2R}$.

Với $R = 6400$ km là bán kính Trái Đất; α là hệ số nở dài của dây treo.

+ Đối với đồng hồ quả lắc dùng con lắc đơn: $\Delta T = T' - T > 0$ thì đồng hồ chạy chậm; $\Delta T = T' - T < 0$ thì

đồng hồ chạy nhanh; thời gian nhanh, chậm trong một ngày đêm (24 giờ): $\Delta t = \frac{|\Delta T| \cdot 86400}{T'}$.

+ Con lắc đơn chịu thêm các lực ngoài trọng lực: $\vec{P}' = \vec{P} + \vec{F}$.

Gia tốc rơi tự do biểu kiến: $\vec{g}' = \vec{g} + \frac{\vec{F}}{m}$; khi đó: $T' = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g'}}$.

Thường gặp: lực điện trường $\vec{F} = q\vec{E}$; lực quán tính: $\vec{F} = m\vec{a}$.

Các trường hợp đặc biệt: \vec{F} có phương ngang: $g' = \sqrt{g^2 + \left(\frac{F}{m}\right)^2}$.

\vec{F} thẳng đứng hướng lên: $g' = g - \frac{F}{m}$.

\vec{F} thẳng đứng hướng xuống: $g' = g + \frac{F}{m}$.

+ Chu kỳ của con lắc đơn treo trong thang máy:

Thang máy đứng yên hoặc chuyển động thẳng đều: $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$.

Thang máy đi lên nhanh dần đều hoặc đi xuống chậm dần đều với gia tốc có độ lớn là a (\vec{a} hướng lên): $T =$

$$2\pi \sqrt{\frac{l}{g+a}}$$

Thang máy đi lên chậm dần đều hoặc đi xuống nhanh dần đều với gia tốc có độ lớn là a (\vec{a} hướng xuống): $T =$

$$= 2\pi \sqrt{\frac{l}{g-a}}$$

BÀI TẬP CƯỜNG CỐ

Câu 1: Chu kỳ dao động nhỏ của con lắc đơn phụ thuộc vào:

- A. khối lượng của con lắc
- B. trọng lượng của con lắc
- C. tỉ số giữa trọng lượng và khối lượng của con lắc
- D. khối lượng riêng của con lắc

Câu 2: Tại nơi có gia tốc trọng trường g , một con lắc đơn dao động điều hòa với biên độ góc nhỏ α_{\max} . Lấy mốc thế năng tại vị trí cân bằng. Khi con lắc chuyển động nhanh dần đều theo chiều dương đến vị trí có động năng bằng thế năng thì li độ góc α của con lắc bằng:

- A. $-\frac{\alpha_{\max}}{\sqrt{3}}$
- B. $\frac{\alpha_{\max}}{\sqrt{2}}$
- C. $-\frac{\alpha_{\max}}{\sqrt{2}}$
- D. $\frac{\alpha_{\max}}{\sqrt{3}}$

Câu 3: Con lắc đơn có chiều dài 1 m dao động điều hòa với chu kỳ 1,5 s và biên độ góc là 0,05 rad. Độ lớn vận tốc của vật khi có li độ góc 0,04 rad là:

- A. 9π cm/s
- B. 3π cm/s
- C. 4π cm/s
- D. $\frac{4\pi}{3}$ cm/s

Câu 4: Một con lắc đơn có chiều dài 1 m được thả không vận tốc đầu từ vị trí có li độ góc 60° . Để tốc độ của vật bằng một nửa tốc độ cực đại thì li độ góc của con lắc là:

- A. $51,3^\circ$
- B. $26,3^\circ$
- C. $0,9^\circ$
- D. $40,7^\circ$

Câu 5: Phát biểu nào sau đây **sai** khi nói về dao động của con lắc đơn? (bỏ qua lực cản)

- A. Khi vật nặng ở vị trí biên cơ năng của con lắc bằng thế năng của nó
- B. Chuyển động của con lắc từ vị trí biên về vị trí cân bằng là nhanh dần
- C. Khi vật nặng đi qua vị trí cân bằng, thì trọng lực tác dụng lên nó cân bằng với lực căng dây
- D. Với dao động nhỏ thì dao động của con lắc là dao động điều hòa

Câu 6: (Quốc gia – 2011) Một con lắc đơn đang dao động điều hòa với biên độ góc α_0 tại nơi có gia tốc trọng trường là g . Biết lực căng dây lớn nhất bằng 1,02 lần lực căng dây nhỏ nhất. Giá trị của α_0 là:

- A. $6,6^\circ$
- B. $3,3^\circ$
- C. $5,6^\circ$
- D. $9,6^\circ$

Câu 7: Một con lắc đơn có chiều dài dây treo 43,2 cm, vật có khối lượng m dao động ở nơi có gia tốc trọng trường $g = 10 \text{ m/s}^2$. Biết rằng độ lớn của lực căng dây cực đại bằng 4 lần độ lớn lực căng dây cực tiểu. Tốc độ của vật khi lực căng dây bằng 2 lần lực căng dây cực tiểu:

- A. 1 m/s
- B. 1,2 m/s
- C. 1,6 m/s
- D. 2 m/s

Câu 8: Một con lắc đơn có dây treo dài 0,4 m và vật nặng có khối lượng 200 g. Lấy $g = 10 \text{ m/s}^2$ và bỏ qua ma sát. Kéo con lắc để dây treo lệch ra khỏi vị trí cân bằng 60° rồi thả nhẹ. Lúc lực căng dây có độ lớn là 4 N thì tốc độ của vật là:

- A. $\sqrt{2}$ m/s
- B. $2\sqrt{2}$ m/s
- C. 5 m/s
- D. 2 m/s

Câu 9: Một con lắc đơn gồm vật nặng có khối lượng 100 g, dao động điều hòa với chu kỳ 2 s. Khi vật đi qua vị trí cân bằng thì lực căng dây có độ lớn 1,0025 N. Chọn mốc thế năng tại vị trí cân bằng, lấy $g = \pi^2 \text{ m/s}^2$. Cơ năng của vật là:

- A. $25 \cdot 10^{-3}$ J
- B. $25 \cdot 10^{-4}$ J
- C. $125 \cdot 10^{-5}$ J
- D. $125 \cdot 10^{-4}$ J

Câu 10: Con lắc đơn dao động điều hòa, khi tăng chiều dài của con lắc lên 4 lần thì tần số dao động của con lắc sẽ:

- A. giảm đi 4 lần
- B. tăng lên 4 lần

C. giảm đi 2 lần

D. tăng lên 2 lần

ĐÁP ÁN

Câu 1:

Chu kì dao động của con lắc đơn $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ với $g = \frac{P}{m}$ là tỉ số giữa trọng lượng và khối lượng của con lắc

✓ **Đáp án C**

Câu 2:

Ta có:

$$\begin{cases} W_d = W_t \\ W_d + W_t = W \end{cases} \Rightarrow 2W_t = W \Rightarrow \alpha = \pm \frac{\alpha_0}{\sqrt{2}}$$

Vật đang chuyển động nhanh dần đều theo chiều dương, do đó $\alpha = -\frac{\alpha_0}{\sqrt{2}}$

✓ **Đáp án C**

Câu 3:

Từ công thức độc lập thời gian giữa vận tốc và li độ cong, ta có:

$$|v| = \omega\sqrt{s_0^2 - s^2} = \omega l\sqrt{\alpha_0^2 - \alpha^2} = \frac{2\pi}{T} l\sqrt{\alpha_0^2 - \alpha^2} = 4\pi \text{ cm/s}$$

✓ **Đáp án C**

Câu 4:

Theo giả thuyết bài toán, ta có:

$$v = \frac{1}{2}v_{\max} \Leftrightarrow \sqrt{2gl(\cos\alpha - \cos\alpha_0)} = \frac{1}{2}\sqrt{2gl(1 - \cos\alpha_0)} \Leftrightarrow \cos\alpha - \cos\alpha_0 = \frac{1 - \cos\alpha_0}{4} \xrightarrow{\text{Shift} \rightarrow \text{Solve}} \alpha = 51,3^\circ$$

✓ **Đáp án A**

Câu 5:

Từ biểu thức của lực căng dây $T = mg(3\cos\alpha - 2\cos\alpha_0)$

+ Tại vị trí cân bằng $\alpha = 0 \Rightarrow T = mg(3 - 2\cos\alpha_0) \neq P = mg$

✓ **Đáp án C**

Câu 6:

Tỉ số giữa lực căng dây cực đại và cực tiểu

$$\frac{T_{\max}}{T_{\min}} = \frac{1 + \alpha_0^2}{1 - \frac{\alpha_0^2}{2}} = 1,02 \xrightarrow{\text{shift} \rightarrow \text{Solve}} \alpha_0 = 0,115 \text{ rad} = 6,6^\circ$$

✓ **Đáp án A**

Câu 7:

Ta có

$$\frac{T_{\max}}{T_{\min}} = \frac{3 - 2\cos\alpha_0}{\cos\alpha_0} = 4 \Rightarrow \cos\alpha_0 = 0,5$$

Khi lực căng dây bằng hai lần lực căng dây cực tiểu, vật có li độ góc

$$T = mg(3\cos\alpha - 2\cos\alpha_0) = 2mg\cos\alpha_0 \Rightarrow \cos\alpha = \frac{4}{3}\cos\alpha_0 = \frac{2}{3}$$

Tốc độ tương ứng của vật

$$v = \sqrt{2gl(\cos\alpha - \cos\alpha_0)} = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 43,2 \cdot 10^{-2} \left(\frac{2}{3} - 0,5 \right)} = 1,2 \text{ m/s}$$

✓ **Đáp án B**

Câu 8:

Từ biểu thức của lực căng dây, ta có

$$T = mg(3\cos\alpha - 2\cos\alpha_0) \Leftrightarrow 200 \cdot 10^{-3} \cdot 10(3\cos\alpha - 2\cos 60^\circ) = 4 \Rightarrow \cos\alpha = 1$$

Tốc độ của vật tại vị trí này

$$v = \sqrt{2gl(\cos\alpha - \cos\alpha_0)} = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 0,4(1 - 0,5)} = 2 \text{ m/s}$$

✓ **Đáp án D**

Câu 9:

Lực căng dây khi vật đi qua vị trí cân bằng

$$T = T_{\max} = mg(3 - \cos\alpha_0) \Leftrightarrow 1,0025 = 100 \cdot 10^{-3} \cdot 10(3 - 2\cos\alpha_0) \Rightarrow \cos\alpha_0 = 0,99875$$

$$\text{Cơ năng của con lắc } W = mgl(1 - \cos\alpha_0) = 100 \cdot 10^{-2} \cdot 10 \cdot 10 \cdot \left(\frac{2}{2\pi}\right)^2 (1 - 0,99875) = 125 \cdot 10^{-5} \text{ J}$$

✓ **Đáp án C**

Câu 10:

✓ **Đáp án C**

User: 0 - 2026-05-04

User: 0 - 2026-05-04

User: 0 - 2026-05-04

User: 0 - 2026-05-04

User: 0 - 2026-05-04

User: 0 - 2026-05-04

User: 0 - 2026-05-04

User: 0 - 2026-05-04