

CÔNG THỨC GIẢI NHANH

CHƯƠNG DAO ĐỘNG ĐIỀU HÒA

I. DAO ĐỘNG ĐIỀU HOÀ

Chu kì: $T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{t}{N}$; tần số: $f = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{N}{t}$ (N là số dao động trong thời gian t)

1. Phương trình dao động: $x = A\cos(\omega t + \varphi)$

2. Vận tốc tức thời: $v = x' = -\omega A\sin(\omega t + \varphi)$

3. Gia tốc tức thời: $a = v' = -\omega^2 A\cos(\omega t + \varphi) = -\omega^2 x$

\vec{a} luôn hướng về vị trí cân bằng và a luôn ngược pha x và vuông pha với v

4. Vật ở VTCB: $x = 0$; $|v|_{\max} = \omega A$; $|a|_{\min} = 0$

Vật ở biên: $x = \pm A$; $|v|_{\min} = 0$; $|a|_{\max} = \omega^2 A$

5. Hệ thức độc lập: $A^2 = x^2 + \left(\frac{v}{\omega}\right)^2$ hoặc $\frac{v^2}{\omega^2 A^2} + \frac{a^2}{\omega^4 A^2} = 1$

6. Cơ năng: $W = W_d + W_t = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 = W_{d\max} = W_{t\max}$

Với: $W_d = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 \sin^2(\omega t + \varphi) = W \sin^2(\omega t + \varphi)$ (động năng)

$W_t = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 \cos^2(\omega t + \varphi) = W \cos^2(\omega t + \varphi)$ (thế năng)

7. Dao động điều hoà có tần số góc là ω , tần số f, chu kỳ T.

\Rightarrow động năng và thế năng biến thiên với tần số góc 2ω , tần số $2f$, chu kỳ $T/2$.

8. Lực hồi phục là lực đưa vật về VTCB

$$\vec{F} = -k\vec{x} \quad \text{độ lớn} \quad F = k|x|$$

ở VTCB $F = 0$; ở vị trí biên $F_{\max} = kA$

9. Chiều dài quỹ đạo: $L = 2A$

10. Quãng đường vật đi được

1 chu kỳ luôn là $s = 4A$

1/2 chu kỳ luôn là $s = 2A$

1/4 chu kỳ là $s = A$ khi vật đi từ VTCB đến vị trí biên hoặc ngược lại

Quãng đường vật đi được từ thời điểm t_1 đến t_2

Xác định: $\begin{cases} x_1 = A \cos(\omega t_1 + \varphi) \\ v_1 = -\omega \sin(\omega t_1 + \varphi) \end{cases}$ và $\begin{cases} x_2 = A \cos(\omega t_2 + \varphi) \\ v_2 = -\omega \sin(\omega t_2 + \varphi) \end{cases}$ (v_1 và v_2 chỉ cần xác định dấu)

- Phân tích: $t_2 - t_1 = nT + \Delta t$ ($0 \leq \Delta t \leq T$)
- Quãng đường đi được trong thời gian nT là $s_1 = 4nA$, trong thời gian Δt là s_2
- Quãng đường tổng cộng là $s = s_1 + s_2$

11. Thời gian ngắn nhất để vật đi từ: x_1 đến x_2 (giả sử $x_1 > x_2$)

$$\Delta t = \frac{\Delta \varphi}{\omega} = \frac{|\varphi_2 - \varphi_1|}{\omega}; \text{ Với: } \begin{cases} \cos \varphi_1 = \frac{x_1}{A} \\ \cos \varphi_2 = \frac{x_2}{A} \end{cases} (0 \leq \varphi_1, \varphi_2 \leq \pi)$$

12. Số lần qua một vị trí x_0 trong khoảng thời gian Δt

Phân tích: $\Delta t = nT + t_0$ ($0 \leq t_0 \leq T$)

- Số lần vật đi qua vị trí x_0 trong thời gian nT là $N_1 = 2.n$
- Ta tính số lần vật đi qua vị trí x_0 trong thời gian t_0 bằng cách sau:
 - + Tính li độ x_1 và dấu của vận tốc v_1 tại thời điểm $t_1 + nT$
 - + Tính li độ x_2 và dấu của vận tốc v_2 tại thời điểm t_2
 - + Biểu diễn x_1, x_2 trên trục Ox để xác định vật có đi qua vị trí x_0 lần nào nữa hay không (N_2).
- Từ đó ta tìm được số lần vật đi qua vị trí x_0 trong thời gian Δt : $N = N_1 + N_2$

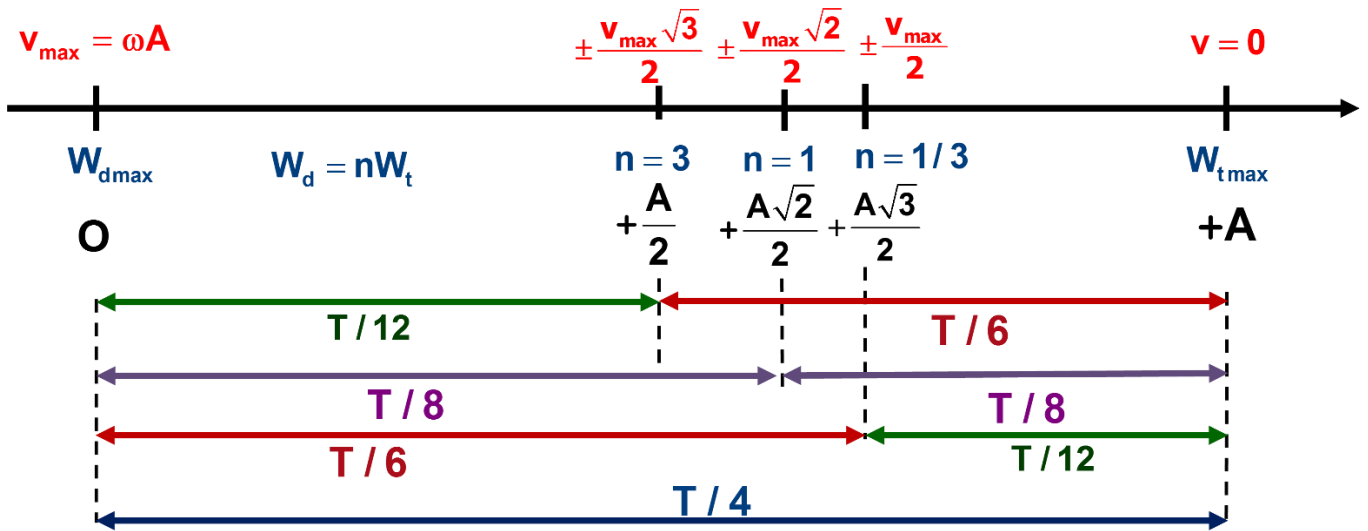
Lưu ý: Trong 1 chu kì thì vật qua vị trí các vị trí biên 1 lần, các vị trí khác 2 lần.

13. Tìm vị trí li độ, vận tốc khi

- $W_d = nW_t$: $x = \pm \frac{A}{\sqrt{n+1}}; v = \pm \omega A \sqrt{\frac{n}{n+1}}$
- $W_t = nW_d$: $x = \pm A \sqrt{\frac{n}{n+1}}; v = \pm \frac{\omega A}{\sqrt{n+1}}$

Chú ý: Áp dụng được cho cả con lắc lò xo và con lắc đơn dao động điều hòa.

» Ghi nhớ sơ đồ sau để giải bài tập nhanh hơn:



Thời gian giữa hai lần liên tiếp $W_d = W_t$ là $T/2$

II. CON LẮC LÒ XO

Tần số góc: $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$; chu kỳ: $T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$; tần số: $f = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}$

1. Cơ năng: $W = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 = \frac{1}{2}kA^2 = \text{const}$

2. Độ biến dạng của lò xo thẳng đứng khi vật ở VTCB: $\Delta l = \frac{mg}{k} \Rightarrow T = 2\pi\sqrt{\frac{\Delta l}{g}}$

3. Độ biến dạng của lò xo khi vật ở VTCB với con lắc lò xo nằm trên mặt phẳng nghiêng

có góc nghiêng α : $\Delta l = \frac{mg \sin \alpha}{k} \Rightarrow T = 2\pi\sqrt{\frac{\Delta l}{g \sin \alpha}}$

4. Chiều dài lò xo

• Chiều dài lò xo tại VTCB: $l_{cb} = l_0 + \Delta l$ (l_0 là chiều dài tự nhiên)

Dao động theo phương ngang: $l_{\min} = l_0 - A$; $l_{\max} = l_0 + A$

Dao động theo phương thẳng đứng:

• Chiều dài cực tiểu (khi vật ở vị trí cao nhất): $l_{\min} = l_0 + \Delta l - A$

• Chiều dài cực đại (khi vật ở vị trí thấp nhất): $l_{\max} = l_0 + \Delta l + A$

$$\Rightarrow l_{cb} = \frac{l_{\max} + l_{\min}}{2}; A = \frac{l_{\max} - l_{\min}}{2}$$

5. Lực đàn hồi

Công thức tổng quát: $F_{dh} = k|\Delta l|$

Dao động theo phương ngang: $F_{dhmin} = 0$ (tại VTCB); $F_{dhmax} = kA$ (tại vị trí biên)

Dao động theo phương thẳng đứng:

- Lực đàn hồi cực đại: $F_{max} = k(\Delta l + A)$
- Lực đàn hồi cực tiểu:
 - * Nếu $A < \Delta l \Rightarrow F_{min} = k(\Delta l - A)$
 - * Nếu $A \geq \Delta l \Rightarrow F_{min} = 0$
- Lực đàn hồi ở vị trí có li độ x (gốc O tại VTCB)
 - * $F = k(\Delta l + x)$ nếu chọn chiều (+) hướng xuống.
 - * $F = k(\Delta l - x)$ nếu chọn chiều (+) hướng lên.

6. Lực hồi phục (kéo về):

$$F_{hp} = -kx = -kA\cos(\omega t + \varphi)$$

Mối liên hệ: $\left(\frac{F_{hp}}{F_{hpmax}}\right)^2 + \left(\frac{v}{v_{max}}\right)^2 = 1$

7. Cắt lò xo

- Một lò xo có độ cứng k , chiều dài l được cắt thành các lò xo có độ cứng k_1, k_2 , và chiều dài tương ứng là l_1, l_2, \dots thì có: $kl = k_1l_1 = k_2l_2 = \dots$

- Nếu cắt thành n đoạn bằng nhau (các lò xo có cùng độ cứng k') $k' = nk$ hay $\begin{cases} T' = \frac{T}{\sqrt{n}} \\ f' = f\sqrt{n} \end{cases}$

8. Ghép lò xo:

- Nối tiếp $\frac{1}{k} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} + \dots \Rightarrow T^2 = T_1^2 + T_2^2; \frac{1}{f^2} = \frac{1}{f_1^2} + \frac{1}{f_2^2} + \dots$
- Song song: $k = k_1 + k_2 + \dots \Rightarrow \frac{1}{T^2} = \frac{1}{T_1^2} + \frac{1}{T_2^2} + \dots; f^2 = f_1^2 + f_2^2 + \dots$

9. Chu kì con lắc khi treo vật $m = m_1 \pm m_2$ là: $T^2 = T_1^2 \pm T_2^2$

10. Thời gian lò xo nén và dãn trong một chu kì

- Đối với con lắc lò xo nằm ngang thì thời gian lò xo giãn bằng thời gian lò xo nén.
- Đối với con lắc lò xo treo thẳng đứng thì
Trong một chu kì lò xo nén 2 lần và dãn 2 lần.

Thời gian lò xo nén: $\Delta t = \frac{2\Delta\varphi_{\text{nen}}}{\omega} \left(\cos \varphi_{\text{nen}} = \frac{\Delta l}{A} \right)$

Thời gian lò xo giãn: $\Delta t_{\text{dãn}} = T - \Delta t_{\text{nen}}$

» **Chú ý:**

Khi $A < \Delta l$ thì thời gian lò xo dãn trong 1 chu kỳ là $\Delta t = T$, thời gian lò xo nén bằng 0.

III. CON LẮC ĐƠN

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

Lưu ý: khi chiều dài con lắc là $l = l_1 \pm l_2 \Rightarrow T^2 = T_1^2 \pm T_2^2$

2. Phương trình dao động khi $\alpha_0 \leq 10^\circ$:

$s = S_0 \cos(\omega t + \varphi)$ hoặc $\alpha = \alpha_0 \cos(\omega t + \varphi)$ với $s = \alpha l$, $S_0 = \alpha_0 l$

$\Rightarrow v = s' = -\omega S_0 \sin(\omega t + \varphi) = -\omega l \alpha_0 \sin(\omega t + \varphi)$

$\Rightarrow a = v' = -\omega^2 S_0 \cos(\omega t + \varphi) = -\omega^2 l \alpha_0 \cos(\omega t + \varphi) = -\omega^2 s = -\omega^2 \alpha l$

Lưu ý: S_0 đóng vai trò như A còn s đóng vai trò như x

3. Hệ thức độc lập

* $a = -\omega^2 s = -\omega^2 \alpha l$

* $S_0^2 = s^2 + \left(\frac{v}{\omega}\right)^2$

* $\alpha_0^2 = \alpha^2 + \frac{v^2}{gl}$

4. Vận tốc - Lực căng dây

• Ở li độ góc α bất kỳ: $\begin{cases} v = \sqrt{2gl(\cos \alpha - \cos \alpha_0)} \\ T = mg(3 \cos \alpha - 2 \cos \alpha_0) \end{cases}$

• Khi $\alpha_0 \leq 10^\circ$ thì $\begin{cases} v = \sqrt{gl(\alpha_0^2 - \alpha^2)} \\ T = mg\left(1 + \alpha_0^2 - \frac{3}{2}\alpha^2\right) \end{cases}$

- Khi ở vị trí biên: $\begin{cases} v_{\min} = 0 \\ T_{\min} = mg \cos \alpha_0 \end{cases}; \begin{cases} v_{\min} = 0 \\ T_{\min} = mg \left(1 - \frac{\alpha_0^2}{2}\right) \end{cases} \text{ (với } \alpha_0 \leq 10^\circ \text{)}$
- Khi ở VTCB: $\begin{cases} v = \sqrt{2gl(1 - \cos \alpha_0)} \\ T_{\max} = mg(3 - 2 \cos \alpha_0) \end{cases}; \begin{cases} v = \alpha_0 \sqrt{gl} \\ T_{\max} = mg(1 + \alpha_0) \end{cases} \text{ (với } \alpha_0 \leq 10^\circ \text{)}$

5. Năng lượng của con lắc

- Động năng: $w_{d\alpha} = \frac{1}{2}mv_\alpha^2 = mgl(\cos \alpha - \cos \alpha_0)$
 - Thế năng: $W_{t\alpha} = mgh_\alpha = mgl(1 - \cos \alpha)$
 - Cơ năng: $W = W_d + W_t = mgl(1 - \cos \alpha_0) = W_{d\max} = W_{t\max} = \text{const}$
 - Khi $\alpha_0 \leq 10^\circ$ thì: $W = \frac{mgl}{2}\alpha_0^2 = \frac{mg}{2l}S_0^2 = \text{const}$
- $$W = \frac{1}{2}m\omega^2 S_0^2 = \frac{1}{2}\frac{mg}{l}S_0^2 = \frac{1}{2}mgl\alpha_0^2 = \frac{1}{2}m\omega^2 l\alpha_0^2$$

6. Gia tốc:

- Gia tốc toàn phần: $\vec{a} = \vec{a}_t + \vec{a}_n \Leftrightarrow a = \sqrt{a_n^2 + a_t^2}$
- Gia tốc hướng tâm: $a_n = r\omega^2 = \frac{v^2}{r} = 2g(\cos \alpha - \cos \alpha_0)$
- Gia tốc tiếp tuyến: $a_t = r\gamma = -g \sin \alpha$
- Nếu $\alpha_0 \leq 10^\circ$ thì:
- Gia tốc hướng tâm: $a_n = g(\alpha_0^2 - \alpha^2)$
- Gia tốc tiếp tuyến: $a_t = -g\alpha$

7. Chu kì con lắc thay đổi

a. Do nhiệt độ, độ cao, độ sâu

- Thay đổi do nhiệt độ: $\frac{\Delta T}{T_0} = \frac{\lambda \Delta t}{2}$ (Δt , λ là hiệu nhiệt độ và hệ số nở dài)
- Thay đổi do độ cao: $\frac{\Delta T}{T_0} = \frac{\Delta h}{R}$ (Δh , R : hiệu độ cao và bán kính Trái Đất)

- Thay đổi do độ cao: $\frac{\Delta T}{T_0} = \frac{\Delta d}{2R}$ ($\Delta d, R = 6400$ km: hiệu độ độ sâu và bán kính Trái Đất)
- Thay đổi gia tốc trọng trường: $\frac{\Delta T}{T} = -\frac{1}{2} \frac{\Delta g}{g}$
- Thay đổi do chiều dài: $\frac{\Delta T}{T_0} = \frac{1}{2} \frac{\Delta l}{l_0}$
- Thay đổi do lực Acsimet trong không khí: $\frac{\Delta T}{T_0} = \frac{1}{2} \frac{\rho}{D}$ (ρ, D : khối lượng riêng của không khí và của vật dao động)

» Lưu ý:

Khi đưa con lắc từ độ cao h_1 có nhiệt độ t_1 lên tới độ cao h_2 có nhiệt độ t_2 thì:

$$\frac{\Delta T}{T_0} = \frac{\Delta h}{R} + \frac{1}{2} \lambda \Delta t$$

Các trường hợp khác thì tương tự

8. Thời gian nhanh chậm của đồng hồ

- Độ biến thiên chu kì: $\Delta T = T - T_0$

Với T_0 là chu kì ban đầu chạy đúng, T là chu kì lúc sau bị sai

Lưu ý: * Nếu $\Delta T > 0$ thì đồng hồ chạy chậm

* Nếu $\Delta T < 0$ thì đồng hồ chạy nhanh

* Nếu $\Delta T = 0$ thì đồng hồ chạy đúng

- Thời gian chạy sai trong một ngày đêm ($24h = 86400s$): $\theta = \frac{|\Delta T|}{T} 86400(s)$

9. Con lắc đơn chịu tác dụng của các lực phụ không đổi

- TH1: $\vec{a} \uparrow \uparrow \vec{g} \Rightarrow g' = g + |a| \Rightarrow T' = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g + |a|}}$
- TH2: $\vec{a} \uparrow \downarrow \vec{g} \Rightarrow g' = g - |a| \Rightarrow T' = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g - |a|}}$

• TH3: $\vec{a} \perp \vec{g} \Rightarrow \begin{cases} g' = \sqrt{g^2 + a^2} \Rightarrow T' = 2\pi \sqrt{\frac{l}{\sqrt{g^2 + a^2}}} \\ g' = \frac{g}{\cos \alpha} \Rightarrow T' = T \sqrt{\cos \alpha} \end{cases}$

• TH4: $\beta = (\vec{a}, \vec{g}) \Rightarrow g' = \sqrt{a^2 + g^2 + 2|a|g \cos \beta} \Rightarrow T' = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g'}}$

10. Các lực có thể gặp

• **Lực điện trường:** $\vec{F} = q\vec{E} \Rightarrow \begin{cases} q > 0 \Rightarrow \vec{F} \uparrow \uparrow \vec{E} \\ q < 0 \Rightarrow \vec{F} \uparrow \downarrow \vec{E} \end{cases}; a = \frac{F}{m} = \frac{qE}{m} = \frac{|q|U}{m}$

+ \vec{E} thẳng đứng hướng xuống thì: $g' = g + a$

+ \vec{E} thẳng đứng hướng lên thì: $g' = g - a$

+ \vec{E} nằm ngang thì: $g'^2 = g^2 + a^2$

• **Khi con lắc dao động trong thang máy**

+ Thang máy đi lên chậm dần đều hoặc đi xuống nhanh dần đều: $g' = g - a$

+ Thang máy đi lên nhanh dần đều hoặc đi xuống chậm dần đều: $g' = g + a$

IV. TỔNG HỢP DAO ĐỘNG

♦ Công thức tổng hợp 2 dao động điều hoà cùng phương cùng tần số

$$x_1 = A_1 \cos(\omega t + \varphi_1); x_2 = A_2 \cos(\omega t + \varphi_2); x = A \cos(\omega t + \varphi)$$

Trong đó: $A^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos(\varphi_2 - \varphi_1)$

$$\tan \varphi = \frac{A_1 \sin \varphi_1 + A_2 \sin \varphi_2}{A_1 \cos \varphi_1 + A_2 \cos \varphi_2}$$

♦ Độ lệch pha của 2 dao động $\Delta \varphi = \varphi_2 - \varphi_1$

* Nếu $\Delta \varphi = 2k\pi$ (x_1, x_2 cùng pha) $\Rightarrow A_{\max} = A_1 + A_2$

* Nếu $\Delta \varphi = (2k+1)\pi$ (x_1, x_2 ngược pha) $\Rightarrow A_{\min} = |A_1 - A_2|$

* Nếu $\Delta \varphi = (2k+1)\pi/2$ (x_1, x_2 vuông pha) $\Rightarrow A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2}$

Suy ra: $|A_1 - A_2| \leq A \leq A_1 + A_2$

► Chú ý:

Phương pháp tổng hợp nhiều dao động thành phần

Chiếu lên trục Ox và trục $Oy \perp Ox$

Ta được: $A_x = A \cos \varphi = A_1 \cos \varphi_1 + A_2 \cos \varphi_2 + \dots$

$A_y = A \sin \varphi = A_1 \sin \varphi_1 + A_2 \sin \varphi_2 + \dots$

$$\Rightarrow A = \sqrt{A_x^2 + A_y^2} \text{ và } \tan \varphi = \frac{A_y}{A_x} \text{ với } \varphi \in [\varphi_{\min}; \varphi_{\max}]$$

V. DAO ĐỘNG TẮT DẦN – DAO ĐỘNG CƯỜNG BỨC-CỘNG HƯỞNG

Nguyên tắc: Áp dụng định luật bảo toàn năng lượng

Ta có: $A_{F_{ms}} = F_{ms} \cdot s = W - W_0$

1. Một con lắc lò xo dao động tắt dần với biên độ A , hệ số ma sát μ .

- Quãng đường vật đi được đến lúc dừng lại là:

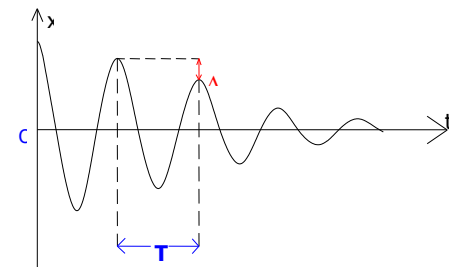
$$s = \frac{kA^2}{2\mu mg} = \frac{\omega^2 A^2}{2\mu g}$$

- Độ giảm biên độ sau mỗi T : $\Delta A = \frac{4\mu mg}{k} = \frac{4\mu g}{\omega^2}$

- Số dao động thực hiện được: $N = \frac{A}{\Delta A} = \frac{Ak}{4\mu mg} = \frac{\omega^2 A}{4\mu g}$

- Thời gian vật dao động đến lúc dừng lại: $\Delta t = N.T = \frac{AkT}{4\mu mg} = \frac{\pi \omega A}{2\mu g}$

(Nếu coi dao động tắt dần có tính tuần hoàn với chu kỳ $T = \frac{2\pi}{\omega}$)



2. Một con lắc đơn dao động tắt dần với biên độ góc α , hệ số ma sát μ

- Quãng đường vật đi được đến lúc dừng lại là: $s = \frac{mgl\alpha_0^2}{2}$

- Độ giảm biên độ sau mỗi T : $\Delta \alpha = \frac{4F_c}{mg}$

- Số dao động thực hiện được: $N = \frac{\alpha_0}{\Delta \alpha}$

- Thời gian vật dao động đến lúc dừng lại: $\Delta t = N.T = N2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$

3. Hiện tượng cộng hưởng xảy ra khi: $f = f_0$ hay $\omega = \omega_0$ hay $T = T_0$

Với f , ω , T và f_0 , ω_0 , T_0 là tần số, tần số góc, chu kỳ của lực cưỡng bức và của hệ dao động.

» Chú ý:

Chu kì kích thích $T = \frac{l}{v}$ với l là khoảng cách ngắn nhất giữa hai mỗi ray tàu hỏa, 2 ổ gá trên đường,... và v là vận tốc của xe để con lắc đặt trên xe có cộng hưởng:

$$v = \frac{l}{T_0} = lf_0$$



TRƯỜNG HỌC TRỰC TUYẾN SÀI GÒN
Học dễ hơn - Hiểu bài hơn
www.iss.edu.vn
facebook.com/truonghoctructuyentien
LỚP 10 LỚP 11 LỚP 12
VẬT LÝ

Trường học Trực tuyến Sài Gòn (iss.edu.vn) có hơn **800** bài giảng trực tuyến thể hiện đầy đủ nội dung chương trình THPT do Bộ Giáo dục - Đào tạo qui định cho 8 môn học **Toán - Lý - Hóa - Sinh - Văn - Sử - Địa - Tiếng Anh** của ba lớp 10 - 11 - 12.

Các bài giảng chuẩn kiến thức được trình bày sinh động sẽ là những lĩnh vực kiến thức mới mẻ và đầy màu sắc cuốn hút sự tìm tòi, khám phá của học sinh. Bên cạnh đó, mức học phí thấp: **50.000VND/1 môn/học kì**, dễ dàng truy cập sẽ tạo điều kiện tốt nhất để các em đến với bài giảng của Trường.

Trường học Trực tuyến Sài Gòn - "Học dễ hơn, hiểu bài hơn"!