

Bài tập Vật lý Đại cương I

Buổi 5 (28/5/2021)

Bài tập về nhà:

1. *Lương Duyên Bình (Chủ biên): Bài tập Vật lý Đại cương tập 2: Điện- Dao động- Sóng, NXB Giáo dục*
Dao động, bài 8.6, 8.7, 8.8, 8.14, 8.17;
Sóng cơ, bài 9.5, 9.7
Bài tập thêm: 22-25

I. Dao động cơ điều hoà

$$x = A \cos(\omega_0 t + \varphi)$$

$$W = \frac{1}{2} k A^2 = \frac{1}{2} m \omega_0^2 A^2 = \text{const}$$

Con lắc vật lý

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{Mgd}{I}}, \quad T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{I}{Mgd}}$$

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

II. Dao động cơ tắt dần

$$x = A_0 e^{-\beta t} \cos(\omega t + \varphi)$$

$$\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}$$

$$\delta = \ln \frac{A(t)}{A(t+T)} = \beta T$$

III. Dao động cơ cưỡng bức

$$\Omega_{ch} = \omega_0$$

Điều kiện để có dao động

$$\omega_0 > \beta$$

$$\beta = \frac{r}{2m}$$

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

Năng lượng dao động tỷ lệ bình phương biên độ:

$$W(t) \sim A^2 = A_0^2 e^{-2\beta t}$$

IV. Sóng cơ

Hàm sóng

$$x = A \cos \omega \left(t - \frac{y}{v} \right)$$

$$x = A \cos \left(\omega t - \frac{2\pi y}{\lambda} \right)$$

$$x = A \cos 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{y}{\lambda} \right)$$

Bài tập 8.6 (trang 81)

Đề bài

- Một phù kế có khối lượng $m = 200$ g được thả vào một chất lỏng. Phần trên của phù kế có dạng hình trụ, đường kính $d = 1$ cm.
- Phù kế đang nằm yên, cho một kích thích dao động theo phương thẳng đứng, phù kế dao động với chu kỳ $T = 3,4$ s. Xem dao động là điều hòa. Hỏi:
 - a) Tại sao kích động phù kế lại dao động
 - b) Biểu thức của lực gây nên dao động và giải thích đó là lực giả đàn hồi
 - c) Biểu thức của chu kỳ dao động và từ đó tìm ra giá trị khối lượng riêng của chất lỏng

Bài tập 8.6 (trang 81)

Bài giải

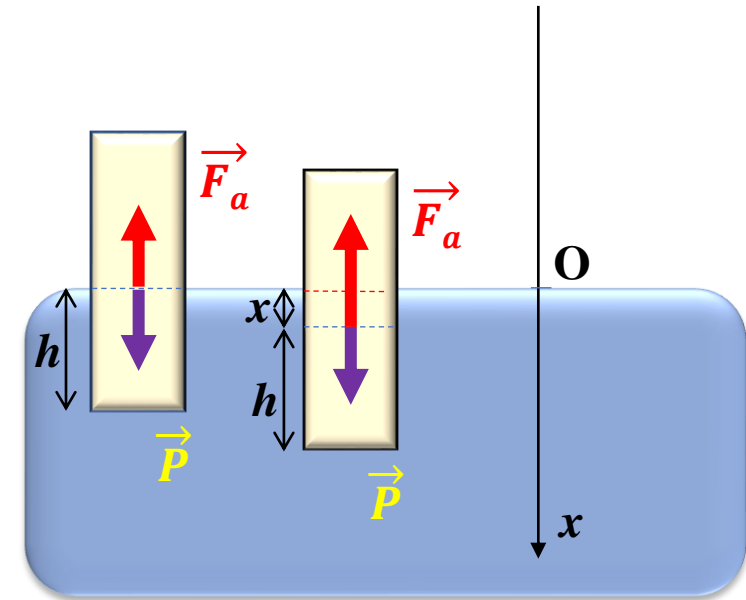
a) Tại sao kích động phù kế lại dao động:

- Khi phù kế ở vị trí cân bằng thì lực đẩy Archimedes của chất lỏng tác dụng lên phù kế cân bằng với trọng lực tác dụng lên phù kế
- Khi ấn phù kế và thả tay, lực đẩy Archimedes lên phần ống chìm thêm vào chất lỏng kéo phù kế về VTCB
- Do phù kế có quán tính nên dưới tác dụng của lực kéo về nói trên nó sẽ dao động theo phương thẳng đứng

b) Biểu thức của lực gây nên dao động

$$F_{ph} = -\rho g S x$$

Dấu “-” vì F_{ph} ngược chiều với x



Chú ý: trong bài toán gần đúng đã bỏ qua lực ma sát giữa bề mặt phù kế với chất lỏng trong quá trình chuyển động và giả thiết rằng lực đẩy Archimedes của không khí tác dụng lên phù kế là nhỏ và có thể bỏ qua.

Bài tập 8.6 (trang 81)

c) Biểu thức của chu kỳ dao động

$$-\rho g S x = m \frac{d^2 x}{dt^2} \Rightarrow -\frac{\rho S g}{m} x = \frac{d^2 x}{dt^2} \quad (3)$$

Đặt $\omega_o^2 = \frac{\rho S g}{m} \Rightarrow$ phương trình (3) có dạng :

$$\frac{d^2 x}{dt^2} + \omega_o^2 x = 0$$

Phương trình cho nghiệm dao động điều hòa: $x = A \sin(\omega_o t + \varphi)$

với chu kỳ:

$$T_o = \frac{2\pi}{\omega_o} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{\rho S g}} = 2\pi \sqrt{\frac{4m}{\rho g \pi d^2}} = 3,4\text{s}$$

$$\Rightarrow \rho = \frac{16\pi m}{g d^2 T_o^2} \approx 890 \text{ kg/m}^3$$

Bài tập 8.7 (trang 81)

Đề bài

- Một chất điểm dao động điều hòa với chu kì $T = 2\text{s}$, pha ban đầu $\varphi = \frac{\pi}{3}$. Năng lượng toàn phần $W = 3 \cdot 10^{-5} \text{ J}$ và lực tác dụng lên chất điểm lúc lớn nhất bằng $1,5 \cdot 10^{-3} \text{ N}$. Viết phương trình dao động của chất điểm.

Bài tập 8.7

- Một chất điểm dao động điều hòa với chu kì $T = 2\text{s}$, pha ban đầu $\varphi = \frac{\pi}{3}$. Năng lượng toàn phần $W = 3 \cdot 10^{-5} \text{ J}$ và lực tác dụng lên chất điểm lúc lớn nhất bằng $1,5 \cdot 10^{-3} \text{ N}$. Viết phương trình dao động của chất điểm.

$$x = A \cos(\omega t + \varphi) \quad (1)$$

$$F = -kx \Rightarrow (F)_{\max} = kA \quad (2)$$

$$W = \frac{1}{2} kA^2 \quad (3) \quad \Rightarrow \quad \frac{(F)_{\max}}{W} = \frac{kA}{\frac{1}{2}kA^2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow A = \frac{2W}{(F)_{\max}} = 0,04 \text{ m}$$

- Thay số:** Thay $A = 0,04 \text{ m}$; $\varphi = \frac{\pi}{3}$ và $\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{2} = \pi \text{ rad/s}$ vào (1):

$$\Rightarrow \text{Phương trình dao động của chất điểm: } x = 0,04 \cos(\pi t + \frac{\pi}{3}) \text{ (m)}$$

Bài tập 8.8 (trang 81)

Đề bài

- Xác định chu kì dao động của con lắc vật lý, được cấu tạo bằng một thanh đồng chất chiều dài $l = 30 \text{ cm}$. Điểm treo của con lắc cách trọng tâm một khoảng $x = 10 \text{ cm}$. Nêu đặc điểm của đường biểu diễn sự phụ thuộc của chu kì con lắc theo khoảng cách x ?

Bài tập 8.8

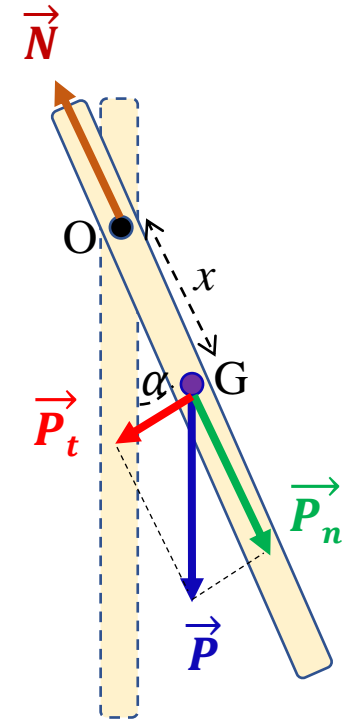
- Xác định chu kì dao động của con lắc vật lý, được cấu tạo bằng một thanh đồng chất chiều dài $l = 30 \text{ cm}$. Điểm treo của con lắc cách trọng tâm một khoảng $x = 10 \text{ cm}$. Nêu đặc điểm của đường biểu diễn sự phụ thuộc của chu kì con lắc theo khoảng cách x ?

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{Mgx}} \quad (1)$$

$$I = I_G + Mx^2 \Rightarrow I = \frac{Ml^2}{12} + Mx^2 \quad (2)$$

Thay (2) vào (1):

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\frac{Ml^2}{12} + Mx^2}{Mgx}} \Rightarrow \mathbf{T = 2\pi \sqrt{\frac{l^2}{12gx} + \frac{x}{g}}}$$



$$\mathbf{T \approx 0,84 \text{ s}}$$

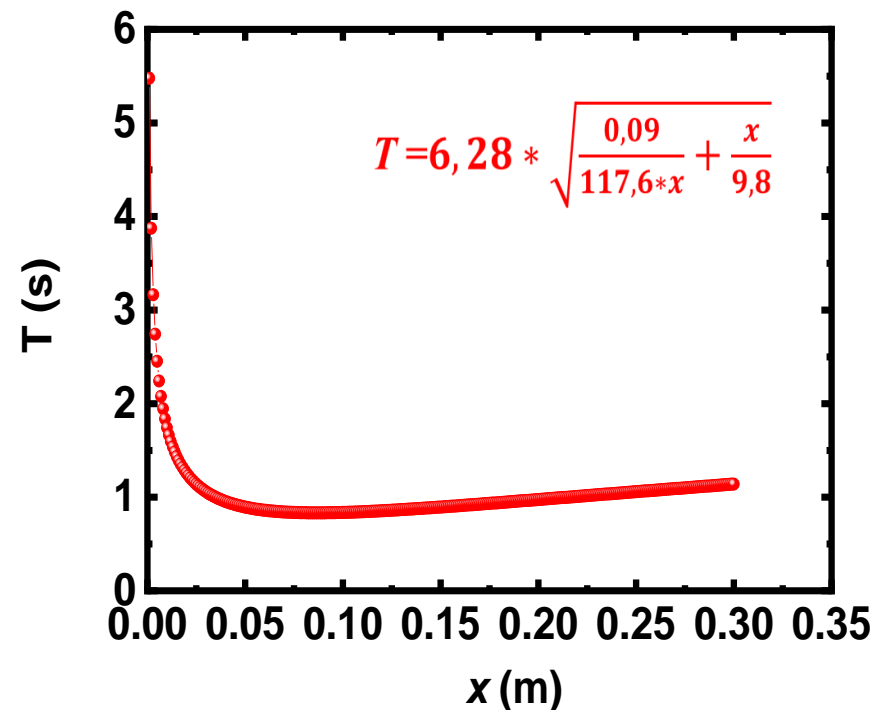
Bài tập 8.8

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l^2}{12gx} + \frac{x}{g}}$$

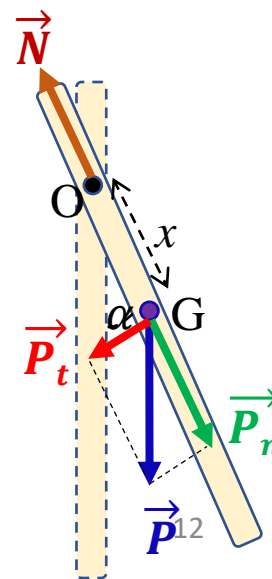
• $T' = 0$ khi $x = \frac{l}{\sqrt{12}}$.

Vậy khi $x = \frac{l}{\sqrt{12}}$ thì T đạt giá trị cực tiểu

$$T_{\min} = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g\sqrt{3}}}$$



Sự phụ thuộc của chu kỳ dao động T của con lắc theo x



Bài tập 8.14 (trang 82)

Đề bài

- Xác định giảm lượng lô-ga của một con lắc toán chiều dài $l = 50$ cm, biết rằng sau khoảng thời gian $\tau = 8$ phút, nó mất 99% năng lượng.

Bài tập 8.14

Xác định giảm lượng lô-ga của một con lắc toán chiều dài $l = 50 \text{ cm}$, biết rằng sau khoảng thời gian $\tau = 8 \text{ phút}$, nó mất 99% năng lượng.

$$W(t) \sim A_0^2 e^{-2\beta t}$$

$$x = A_0 e^{-\beta t} \sin(\omega t + \varphi)$$

$$W(t + \tau) \sim A_0^2 e^{-2\beta(t + \tau)}$$

$$\Rightarrow \frac{W(t + \tau)}{W(t)} = \left(\frac{A_0 e^{-\beta(t + \tau)}}{A_0 e^{-\beta t}} \right)^2 = e^{-2\beta\tau} = 1\%$$

$$\Rightarrow e^{-2\beta\tau} = 0,01 \Rightarrow \beta = \frac{\ln 100}{2\tau} \quad (1)$$

• Chu kỳ dao động tắt dần của con lắc:

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}};$$

với con lắc toán: $\omega_0 = \sqrt{\frac{g}{l}} \Rightarrow T \approx 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad (2)$

• Giảm lượng lô-ga :

$$\delta = \beta T = \frac{\ln 100}{2\tau} \cdot 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \approx 6,8 \cdot 10^{-3}$$

Bài tập 8.17 (trang 82)

Đề bài

- Biết rằng với vận tốc $v = 20 \text{ m/s}$ thì khi chạy qua các chốt nối của đường ray, xe lửa bị rung động mạnh nhất. Mỗi lò xo của toa xe chịu một khối lượng nén lên là $M = 5 \text{ tấn}$. Chiều dài của mỗi thanh ray là $l = 12,5 \text{ m}$. Hãy xác định hệ số đàn hồi của lò xo.

Bài tập 8.17

- Biết rằng với vận tốc $v = 20$ m/s thì khi chạy qua các chốt nối của đường ray, xe lửa bị rung động mạnh nhất. Mỗi lò xo của toa xe chịu một khối lượng nén lên là $M = 5$ tấn. Chiều dài của mỗi thanh ray là $l = 12,5$ m. Hãy xác định hệ số đàn hồi của lò xo.
- Xe lửa bị rung mạnh nhất khi tần số dao động riêng của toa xe (f_o) bằng tần số của lực tác dụng lên xe lửa (f_{CH}).

$$f_{CH} = f_o \Rightarrow T = T_o \quad \frac{l}{v} = 2\pi \sqrt{\frac{M}{k}}$$
$$\Rightarrow k = \frac{4\pi^2 M v^2}{l^2}$$

Thay số: $v = 20$ m/s; $l = 12,5$ m; và $M = 5$ tấn = 5000 kg

$$\bullet \Rightarrow k = \frac{4 \cdot 3,14^2 \cdot 5000 \cdot 20^2}{12,5^2} \Rightarrow k \approx 5,1 \cdot 10^5 \text{ N/m}$$

Bài tập 9.5 (trang 82)

Đề bài

- Một dao động có chu kỳ 0,04 s truyền với vận tốc $u = 300 \text{ m/s}$. Tìm hiệu pha giữa hai chất điểm mà khoảng cách từ chúng tới nguồn bằng 10 m và 16 m.
- *(Ứng với cùng thời điểm)*

Bài tập 9.5

- Một dao động có chu kỳ 0,04 s truyền với vận tốc $u = 300$ m/s. Tìm hiệu pha giữa hai chất điểm mà khoảng cách từ chúng tới nguồn bằng 10 m và 16 m.
(Ứng với cùng thời điểm)

$$\varphi_1 = 2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{y_1}{\lambda}\right)$$

$$\varphi_2 = 2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{y_2}{\lambda}\right)$$

$$\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 = 2\pi \frac{y_2 - y_1}{\lambda} \quad (1)$$

$$\lambda = Tu \quad (2)$$

\Rightarrow

$$\Delta\varphi = 2\pi \frac{y_2 - y_1}{Tu}$$

- Thay số: $T = 0,04$ s; $u = 300$ m/s; $y_1 = 10$ m; và $y_2 = 16$ m

$$\Rightarrow \Delta\varphi = 2\pi \frac{16-10}{0,04 \cdot 300} \Rightarrow \Delta\varphi = \pi$$

Bài tập 9.7 (trang 93)

Đề bài

- Một đoàn sóng phẳng truyền vào một môi trường với phương trình
- $x = 4\sin\left(2\frac{\pi}{6}t + \alpha\right)$ (cm).
- Tìm:
 - a) Vận tốc truyền sóng. Biết bước sóng bằng 240 cm
 - b) Hiệu pha ứng với hai vị trí cùng một phần tử nhưng ở hai thời điểm cách nhau 1 s
 - c) Hiệu pha của 2 phần tử cách nhau 210 cm (ứng với cùng thời điểm)

Bài tập 9.7

- $x = 4\sin\left(2\frac{\pi}{6}t + \alpha\right)$ (cm). Tìm:
- a) Vận tốc truyền sóng. Biết bước sóng bằng 240 cm
- b) Hiệu pha ứng với hai vị trí cùng một phần tử nhưng ở hai thời điểm cách nhau 1 s
- c) Hiệu pha của 2 phần tử cách nhau 210 cm (ứng với cùng thời điểm)

a) Vận tốc truyền sóng: $\lambda = vT \Rightarrow v = \frac{\lambda}{T}$

Thay số: $T = 6$ và $\lambda = 240 \text{ cm} = 2,4 \text{ m} \Rightarrow v = \frac{2,4}{6} \Rightarrow v = 0,4 \text{ m/s}$

b) Hiệu pha ứng với hai vị trí cùng một phần tử nhưng ở 2 thời điểm cách nhau 1s

$$\Delta\varphi = \left(2\frac{\pi}{6}t_1 + \alpha\right) - \left(2\frac{\pi}{6}t_2 + \alpha\right) \Rightarrow \Delta\varphi = 2\frac{\pi}{6}\Delta t = \frac{\pi}{3}$$

c) Hiệu pha của 2 phần tử cách nhau 210 cm ứng với cùng thời điểm

$$\varphi_1 = 2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{y_1}{\lambda}\right) \quad \varphi_2 = 2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{y_2}{\lambda}\right) \quad \Rightarrow \quad \Delta\varphi = 2\pi\frac{\Delta y}{\lambda} = 1,75\pi$$