SỞ GD&ĐT HẢI DƯƠNG
TRƯỜNG THPT CHUYÊN NGUYỄN TRÃI

ĐỀ CHÍNH THỨC

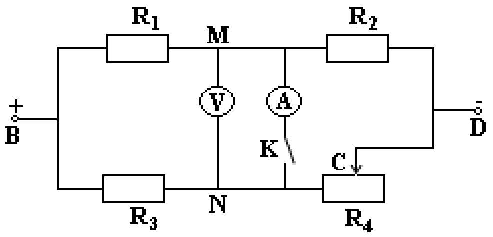
ĐỀ THI NĂNG KHIẾU LỚP 11L (LẦN 4)
NĂM HỌC 2021 – 2022
MÔN: VẬT LÍ

Thời gian làm bài: 180 phút (không kể thời gian giao đề)
(Đề thi có 02 trang, gồm 06 câu)

Câu 1 (2,0 điểm):

Cho mạch điện BD như hình vẽ . Biết $R_1 = R_2 = 3\Omega$, $R_3 = 2\Omega$, R_4 là biến trở.

Nguồn điện mắc vào hai đầu B, D có hiệu điện thế U không đổi. Ampe kế và vôn kế đều lý tưởng. Các dây nối, khóa K có điện trở không đáng kể.



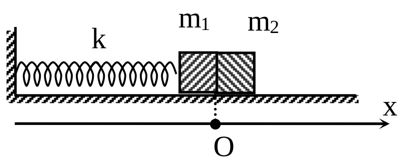
1. Ban đầu khóa K mở, khi $R_4 = 4\Omega$ thì vôn kế chỉ 1V.

- Xác định hiệu điện thế U của nguồn điện.
- Nếu đóng khóa K thì ampe kế và vôn kế chỉ bao nhiêu?

2. Đóng khóa K và di chuyển con chạy C của biến trở R_4 từ đầu bên trái sang đầu bên phải, đặt $x = R_{NC}$. Tìm số chỉ của ampe kế I_A theo x? Vẽ đồ thị của I_A theo x.

Câu 2 (1,5 điểm):

Một lò xo có khối lượng không đáng kể, hệ số đàn hồi k = 100(N/m) được đặt nằm ngang, một đầu được giữ cố định, đầu còn lại được gắn với chất điểm m_1 = 0,5kg. Chất điểm m_1 được gắn với chất điểm thứ hai m_2 = 0,5kg. Các chất điểm đó có thể dao động trên mặt phẳng nằm ngang. Chọn hệ trục tọa độ như hình vẽ, gốc O tại vị trí cân bằng của hệ vật. Tại thời điểm ban đầu giữ hai vật ở vị trí lò xo nén 2cm rồi buông nhẹ. Bỏ qua ma sát, sức cản của môi trường.



1. Xem các chất điểm luôn gắn chặt với nhau trong quá trình dao động, chọn gốc thời gian khi buông vật.

a. Viết phương trình dao động của hệ vật.

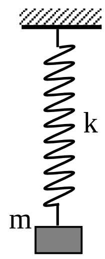
b. Tính khoảng thời gian ngắn nhất để vật đi từ li độ $x_1 = 1cm$ đến $x_2 = \sqrt{3}cm$.

2. Chỗ gắn hai chất điểm bị bong ra nếu lực kéo tại đó đạt đến 0,5N. Tìm vị trí chất điểm m_2 tách khỏi chất điểm m_1 và tính vận tốc cực đại của m_1 sau đó.

Câu 3 (2,0 điểm):

1. Cho cơ hệ như hình vẽ 1. Lò xo nhẹ có độ cứng k = 50 N/m, vật nặng kích thước nhỏ có khối lượng m = 500g. Kích thích cho vật dao động, coi vật dao động điều hòa theo phương thẳng đứng. Chọn gốc thời gian là lúc vật qua vị trí có li độ x = 2,5cm với tốc độ $25\sqrt{3}\,cm/s$ theo phương thẳng đứng hướng xuống dưới. Chọn trục tọa độ Ox theo phương thẳng đứng, chiều dương hướng lên trên, gốc O trùng với vị trí cân bằng của vật.

Lấy g = 10 m/s^2. Bỏ qua mọi ma sát và lực cản môi trường.

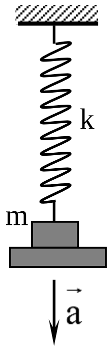


Hình 1

a. Viết phương trình dao động của vật.

b. Tính khoảng thời gian ngắn nhất vật để đi từ vị trí có li độ x_1 = - 2,5 cm đến vị trí có li độ x_2 = 2,5 cm.

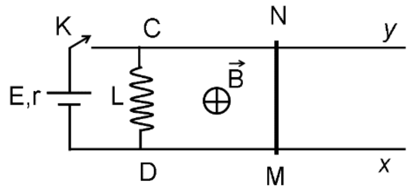
2. Cho cơ hệ như hình vẽ 2. Lò xo nhẹ có độ cứng k = 50 N/m, vật nặng kích thước nhỏ có khối lượng m = 500g được đặt trên một giá đỡ phẳng mỏng. Lúc đầu giữ vật và giá đỡ ở vị trí lò xo không biến dạng, cho giá đỡ chuyển động thẳng nhanh dần đều (với vận tốc ban đầu bằng không) theo phương thẳng đứng xuống dưới với gia tốc a = 4 m/s^2.
Lấy g = 10 m/s^2.
a. Sau thời gian bao lâu kể từ lúc giá đỡ chuyển động thì vật bắt đầu rời giá đỡ.
b. Chọn trục tọa độ Ox có phương thẳng đứng chiều dương hướng xuống dưới, gốc O trùng với vị trí cân bằng của vật, gốc thời gian là lúc vật bắt đầu rời giá đỡ. Viết phương trình dao động của vật.



Hình 2

Câu 4 (1,5 điểm):
1. Một con lắc đơn gồm dây treo nhẹ không dãn, vật nặng có khối lượng m được treo tại nơi có gia tốc trọng trường $g = 10m/s^2$. Kích thích cho vật dao động điều hòa với phương trình $\alpha = 0,15\cos(2\pi t - \frac{\pi}{6})rad$. Lấy $\pi^2 = 10$.
a. Tìm chiều dài của dây treo và tốc độ cực đại của vật nặng.
b. Tìm góc giữa vectơ gia tốc của vật và phương thẳng đứng tại vị trí vật có li độ $\alpha = 0,1rad$.
2. Cho hai dao động điều hòa cùng phương, cùng tần số có phương trình tương ứng là $x_1 = A_1\cos(\omega t)cm$; $x_2 = A_2\cos\left(\omega t + \frac{\pi}{3}\right)cm$, tần số góc ω không đổi. Phương trình dao động tổng hợp của hai dao động trên là $x = 2\sqrt{3}\cos(\omega t + \varphi)cm$. Tìm giá trị lớn nhất của $(A_1 + A_2)$, và tìm φ khi đó.

Câu 5 (1,5 điểm):
Cho mạch điện như hình vẽ: nguồn điện có suất điện động E, điện trở trong r ; cuộn dây thuần cảm, có độ tự cảm L; thanh kim loại MN khối lượng là m, chiều dài ℓ, điện trở không đáng kể có thể trượt không ma sát dọc theo 2 thanh ray x, y là hai thanh dẫn điện. Hệ thống được đặt trong một mặt phẳng nằm ngang trong một từ trường đều cảm ứng từ $\vec{B}$ hướng thẳng đứng xuống dưới. Ban đầu khoá K đóng. Khi dòng điện trong cuộn dây ổn định người ta ngắt khoá K. Bỏ qua điện trở của các thanh ray và điện trở tiếp xúc giữa MN và các thanh ray.



1. Chứng minh thanh MN dao động điều hòa.
2. Tính vận tốc cực đại và biên độ dao động của thanh MN.

Câu 6 (1,5 điểm):
Một mặt cầu dẫn mỏng bán kính R_1, một điện tích Q phân bố bên trong mặt cầu với mật độ điện tích khối $\rho = ar^2$, với r là khoảng cách tính từ tâm mặt cầu, a là hằng số. Giả thiết hằng số điện môi bằng đơn vị.
1. Tìm hằng số a theo Q và R_1.
2. Tỉ số năng lượng điện trường bên trong mặt cầu và năng lượng điện trường bên ngoài mặt cầu.

-------------------------Hết-------------------------

- Thí sinh không được sử dụng tài liệu.

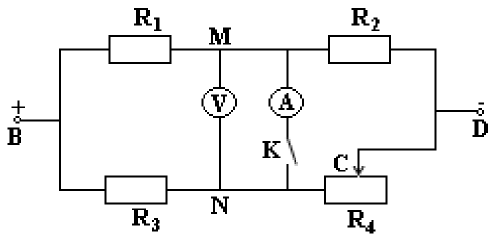
- Giám thị không giải thích gì thêm.

ĐÁP ÁN

Câu 1 (2,0 điểm):

Cho mạch điện BD như hình vẽ . Biết $R_1 = R_2 = 3\Omega$, $R_3 = 2\Omega$, R_4 là biến trở.

Nguồn điện mắc vào hai đầu B, D có hiệu điện thế U không đổi. Ampe kế và vôn kế đều lý tưởng. Các dây nối, khóa K có điện trở không đáng kể.



1. Ban đầu khóa K mở, khi $R_4 = 4\Omega$ thì vôn kế chỉ 1V.

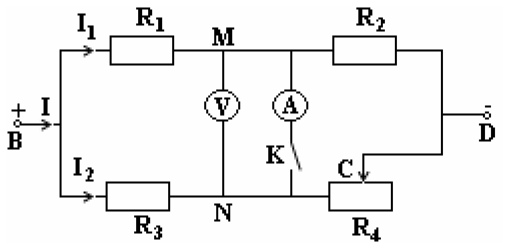
- Xác định hiệu điện thế U của nguồn điện.
- Nếu đóng khóa K thì ampe kế và vôn kế chỉ bao nhiêu?

2. Đóng khóa K và di chuyển con chạy C của biến trở R_4 từ đầu bên trái sang đầu bên phải, đặt $x = R_{NC}$. Tìm số chỉ của ampe kế I_A theo x? Vẽ đồ thị của I_A theo x.

Giải:

a. Ban đầu khóa K mở, $R_4 = 4\ (\Omega)$ thì vôn kế chỉ 1 (V).

- Xác định hiệu điện thế U của nguồn điện.



$$R_{12} = R_1 + R_2 = 6\Omega$$

$$R_{34} = R_3 + R_4 = 6\Omega$$

$$I_1 = I_2 = \frac{U}{6}$$

Ta có :

$$U_1 = I_1.R_1 = 3.I_1 = 3\frac{U}{6}$$

$$U_2 = I_2.R_3 = 2.I_2 = 2\frac{U}{6}$$

Giả sử $V_M > V_N$, ta có :

$$U_{MN} = U_2 - U_1 = \frac{U}{3} - \frac{U}{2} = -\frac{U}{6} \Rightarrow U_V = U_{NM} = \frac{U}{6}$$

$$\Leftrightarrow U = 6U_V = 6.1 = 6V$$

- Khi khóa K đóng :

$$R_{13} = \frac{R_1R_3}{R_1 + R_3} = \frac{3.2}{3+2} = \frac{6}{5} = 1,2\Omega$$

$$R_{24} = \frac{R_2R_4}{R_2 + R_4} = \frac{3.4}{3+4} = \frac{12}{7}\Omega$$

$$R_{BD} = R_{13} + R_{24} = 1,2 + \frac{12}{7} = \frac{20,4}{7}\Omega = \frac{102}{35}\Omega$$

Cường độ dòng điện mạch chính :

$$I = \frac{U}{R_{BD}} = \frac{6}{\frac{20,4}{7}} = \frac{42}{20,4} = \frac{35}{17}A \simeq 2,06A$$

$$U_{13} = U_1 = U_3 = I.R_{13} = \frac{42}{17}V \simeq 2,47V$$

$$I_1 = \frac{U_1}{R_1} = \frac{14}{17}A \simeq 0,8235A$$

$$U_{24} = U_2 = U_4 = I.R_{24} = \frac{60}{17}V \simeq 3,53V$$

$$I_2 = \frac{U_2}{R_2} = \frac{20}{17}A \simeq 1,1765A$$

Ta có :

$I_2 > I_1 \Rightarrow I_A = I_2 - I_1 = 0,353A$

Vậy dòng điện qua ampe kế có chiều từ N đến M và có cường độ $I_A = 0,535A$

Vôn kế chỉ 0 (V)

b. Đóng khóa K và di chuyển con chạy C của biến trở R_4 từ đầu bên trái sang đầu bên phải thì số chỉ của ampe kế I_A thay đổi như thế nào ? Vẽ đồ thị của I_A theo vị trí của con chạy C.

Ta có :

$$R_{13} = \frac{R_1R_3}{R_1 + R_3} = 1,2\Omega$$

Đặt $R_{NC} = x$

$$R_{24} = \frac{R_2.x}{R_2 + x} = \frac{3x}{3+x}$$

$$R_{BD} = 1,2 + \frac{3.x}{3+x} = \frac{4,2x + 3,6}{3+x}$$

$$I = \frac{U}{R_{BD}} = \frac{6(3+x)}{4,2x+3,6}$$

$$U_{13} = I.R_{13} = \frac{6(3+x)}{4,2x+3,6}.1,2 = \frac{7,2(3+x)}{4,2x+3,6}$$

$$I_1 = \frac{U_{13}}{R_1} = \frac{2,4(3+x)}{4,2x+3,6}$$

$$U_{24} = I.R_{24} = \frac{6(3+x)}{4,2x+3,6}.\frac{3x}{3+x} = \frac{18x}{4,2x+3,6}$$

$$I_2 = \frac{U_{24}}{R_2} = \frac{6.x}{4,2x+3,6}$$

* Xét hai trường hợp :

- Trường hợp 1 : Dòng điện chạy qua ampe kế có chiều từ M đến N.

Khi đó :

$$I_A = I_1 - I_2 = \frac{2,4(3+x)}{4,2x+3,6} - \frac{6.x}{4,2x+3,6} = \frac{7,2-3,6x}{4,2x+3,6} \qquad (1)$$

<u>Biện luận :</u>

Khi $x = 0 \Rightarrow I_A = 2A$

Khi x tăng thì (7,2 - 3,6.x) giảm ; (4,2.x + 3,6) tăng do đó I_A giảm

Khi $x = 2\Omega \Rightarrow I_A = \frac{7,2-3,6.2}{4,2.2+3,6} = 0$.

- Trường hợp 2 : Dòng điện chạy qua ampe kế có chiều từ N đến M.

Khi đó :

$$I_A = I_2 - I_1 = \frac{6x}{4,2x+3,6} - \frac{2,4(3+x)}{4,2x+3,6} = \frac{3,6x-7,2}{4,2x+3,6}$$

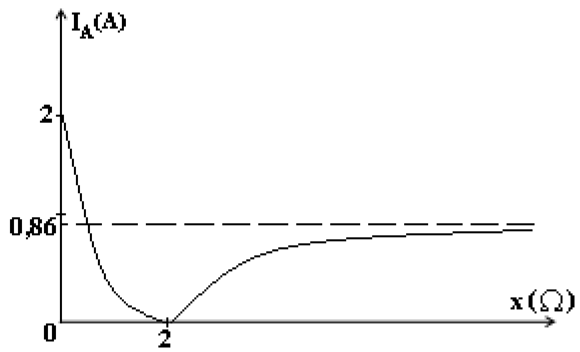
$$I_A = \frac{3,6 - \frac{7,2}{x}}{4,2 + \frac{3,6}{x}} \qquad (2)$$

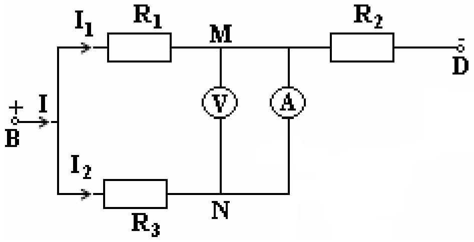
<u>Biện luận :</u>

+ Khi x tăng từ 2 (Ω) trở lên thì $\frac{7,2}{x}$ và $\frac{3,6}{x}$ đều giảm do đó I_A tăng.

+ Khi x rất lớn ($x = \infty$) thì $\frac{7,2}{x}$ và $\frac{3,6}{x}$ tiến tới 0. Do đó $I_A \approx 0,86$ (A) và cường độ dòng chạy qua điện trở R_4 rất nhỏ ; Sơ đồ mạch có thể vẽ như hình bên.

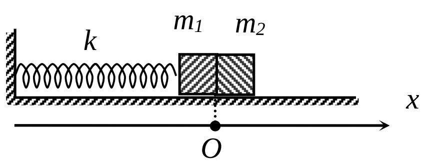
* Đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc của cường độ dòng điện I_A chạy qua ampe kế vào giá trị x của biến trở R_4 có dạng như hình vẽ .





Câu 2 (1,5 điểm):

Một lò xo có khối lượng không đáng kể, hệ số đàn hồi k = 100(N/m) được đặt nằm ngang, một đầu được giữ cố định, đầu còn lại được gắn với chất điểm m_1 = 0,5 (kg). Chất điểm m_1 được gắn với chất điểm thứ hai m_2 = 0,5(kg). Các chất điểm đó có thể dao động trên mặt phẳng nằm ngang. Chọn hệ trục tọa độ như hình vẽ, gốc O tại vị trí cân bằng của hệ vật. Tại thời điểm ban đầu giữ hai vật ở vị trí lò xo nén 2cm rồi buông nhẹ. Bỏ qua ma sát, sức cản của môi trường.



1. Xem các chất điểm luôn gắn chặt với nhau trong quá trình dao động, chọn gốc thời gian khi buông vật.

a. Viết phương trình dao động của hệ vật.

b. Tính khoảng thời gian ngắn nhất để vật đi từ li độ $x_1 = 1\text{cm}$ đến $x_2 = \sqrt{3}\text{cm}$.

2. Chỗ gắn hai chất điểm bị bong ra nếu lực kéo tại đó đạt đến 0,5(N). Tìm vị trí chất điểm m_2 tách khỏi chất điểm m_1 và tính vận tốc cực đại của m_1 sau đó.

BG:

1

a.

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m_1 + m_2}} = 10 rad/s$$

Tại t=0 $\Rightarrow x_0 = -A = -2cm \Rightarrow \varphi = \pi rad$

Suy ra phương trình dao động: $x = 2\cos(10t + \pi)$ cm.

b.

Thời gian ngắn nhất để vật dđ đh đi từ x_1 đến x_2 tương ứng vật chuyển động tròn đi từ M_1 đến M_2 với góc quét $\Delta\Phi = \frac{\pi}{6} \rightarrow \Delta t_{min} = \frac{\Delta\Phi}{\omega} = \frac{\pi}{60}$ s

2.

Vị trí vật m_2 bong ra khỏi vật m_1 thoả mãn: $F_C = m_2\omega^2 x = 0,5$ (N)

$\rightarrow$x = 1cm

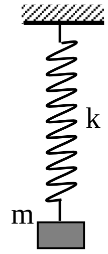
Ngay sau bong: $\omega' = \sqrt{\frac{K}{m_1}} = 10\sqrt{2}$ rad/s, v' = 10 $\sqrt{3}$ cm/s, x' =1cm

$$\Rightarrow A' = \sqrt{1^2 + \left(\frac{10\sqrt{3}}{10\sqrt{2}}\right)^2} = \frac{\sqrt{10}}{2} \approx 1,581\text{cm}.$$

$$\Rightarrow v_{Max} = A'\omega' = \frac{\sqrt{10}}{2}.10\sqrt{2} = 10\sqrt{5} \approx 22,36\text{cm/s}.$$

Câu 3 (2,0 điểm):

1. Cho cơ hệ như hình vẽ 1. Lò xo nhẹ có độ cứng k = 50 N/m, vật nặng kích thước nhỏ có khối lượng m = 500g. Kích thích cho vật dao động, coi vật dao động điều hòa theo phương thẳng đứng. Chọn gốc thời gian là lúc vật qua vị trí có li độ x = 2,5cm với tốc độ $25\sqrt{3}\,cm/s$ theo phương thẳng đứng hướng xuống dưới. Chọn trục tọa độ Ox theo phương thẳng đứng, chiều dương hướng lên trên, gốc O trùng với vị trí cân bằng của vật. Lấy g = 10 m/s^2. Bỏ qua mọi ma sát và lực cản môi trường.

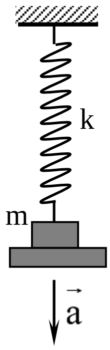


Hình 1

a. Viết phương trình dao động của vật.

b. Tính khoảng thời gian ngắn nhất vật để đi từ vị trí có li độ x_1 = - 2,5 cm đến vị trí có li độ x_2 = 2,5 cm.

2. Cho cơ hệ như hình vẽ 2. Lò xo nhẹ có độ cứng k = 50 N/m, vật nặng kích thước nhỏ có khối lượng m = 500g được đặt trên một giá đỡ phẳng mỏng. Lúc đầu giữ vật và giá đỡ ở vị trí lò xo không biến dạng, cho giá đỡ chuyển động thẳng nhanh dần đều (với vận tốc ban đầu bằng không) theo phương thẳng đứng xuống dưới với gia tốc a = 4 m/s^2. Lấy g = 10 m/s^2.



Hình 2

a. Sau thời gian bao lâu kể từ lúc giá đỡ chuyển động thì vật bắt đầu rời giá đỡ.

b. Chọn trục tọa độ Ox có phương thẳng đứng chiều dương hướng xuống dưới, gốc O trùng với vị trí cân bằng của vật, gốc thời gian là lúc vật bắt đầu rời giá đỡ. Viết phương trình dao động của vật.

BG:

1.

a.

Tần số góc $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{50}{0,5}} = 10 rad/s$

Tại t = 0, ta có

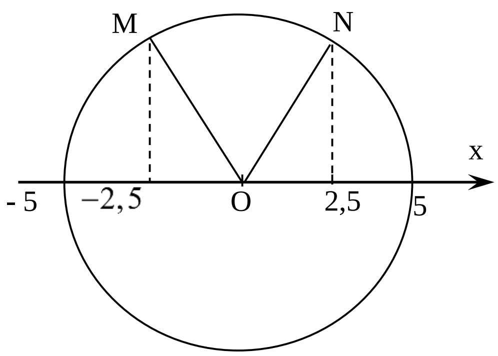
$$\begin{cases} x = A\cos\varphi = 2,5 \\ v = -A\omega\sin\varphi = -25\sqrt{3} \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} \cos\varphi = \frac{2,5}{A} \\ \sin\varphi = \frac{25\sqrt{3}}{10A} \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} \varphi = \frac{\pi}{3} \\ A = 5cm \end{cases}$$

Phương trình dao động $x = 5\cos(10t + \frac{\pi}{3})$ (cm)

b.

- Khoảng thời gian ngắn nhất vật đi từ vị trí có li độ x_1 = -2,5cm đến vị trí có li độ x_2 = 2,5cm

$$\Delta t = \frac{MON}{\omega} = \frac{\pi}{3.10} = \frac{\pi}{30} s$$



2.

a.

Khi vật còn ở trên giá đỡ. Ta có

Áp dụng định luật II Niutơn cho vật và chiếu lên chiều dương, ta được

$$mg - k\Delta l_1 - N = ma$$

Khi vật bắt đầu rời khỏi giá đỡ thì N = 0, độ biến dạng của lò xo là

$$\Delta l_1 = \frac{m(g-a)}{k} = \frac{0,5.6}{50} = 0,06m = 6cm$$

- Giá đỡ chuyển động thẳng nhanh dần đều với vận tốc ban đầu bằng không

$$\Rightarrow \Delta l_1 = \frac{1}{2}at^2 \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2\Delta l_1}{a}} = \sqrt{\frac{2.0,06}{4}} \simeq 0,173s$$

Vậy sau khi giá đỡ chuyển động được 0,173s thì vật bắt đầu rời giá đỡ

b.

- Khi tách khỏi giá đỡ thì vật bắt đầu dao động.

Ta có $\Delta l_0 = 10cm\ ;\ \omega = 10rad/s$

- Tọa độ ban đầu

$$x_0 = \Delta l_1 - \Delta l_0 = -4cm$$

- Vận tốc của vật khi đó $v_0 = at = a\sqrt{\frac{2\Delta l_1}{a}} = \sqrt{2a\Delta l_1} = 40\sqrt{3}\,cm/s$

Ta có hệ

$$\begin{cases} A'\cos\varphi' = -4 \\ -10A'\sin\varphi' = 40\sqrt{3} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} A' = 8cm \\ \varphi' = \dfrac{-2\pi}{3} \end{cases}$$

Vậy phương trình dao động của vật là $x = 8\cos(10t - \frac{2\pi}{3})cm$

Câu 4 (1,5 điểm):

1. Một con lắc đơn gồm dây treo nhẹ không dãn, vật nặng có khối lượng m được treo tại nơi có gia tốc trọng trường $g = 10m/s^2$. Kích thích cho vật dao động điều hòa với phương trình $\alpha = 0,15\cos(2\pi t - \frac{\pi}{6})rad$. Lấy $\pi^2 = 10$.

a. Tìm chiều dài của dây treo và tốc độ cực đại của vật nặng.

b. Tìm góc giữa vectơ gia tốc của vật và phương thẳng đứng tại vị trí vật có li độ $\alpha = 0,1rad$.

2. Cho hai dao động điều hòa cùng phương, cùng tần số có phương trình tương ứng là $x_1 = A_1\cos(\omega t)cm$; $x_2 = A_2\cos\left(\omega t + \frac{\pi}{3}\right)cm$, tần số góc ω không đổi. Phương trình dao động tổng hợp của hai dao động trên là $x = 2\sqrt{3}\cos(\omega t + \varphi)cm$. Tìm giá trị lớn nhất của $(A_1 + A_2)$, và tìm φ khi đó.

BG:

1.

a.

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{\ell}} \Leftrightarrow \ell = \frac{g}{\omega^2} = 0,25m$$

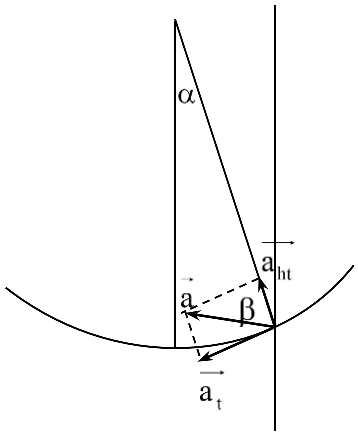
$$v_{max} = \ell\alpha_0\omega = \alpha_0\sqrt{g\ell} = \frac{3\pi}{40}m/s \simeq 0,24m/s$$

b.

- Tại vị trí có li độ góc $\alpha = 0,1rad \Rightarrow a_t = -\omega^2\ell\alpha = 1m/s^2$

$$\Rightarrow \left(\frac{\alpha}{\alpha_0}\right)^2 + \left(\frac{v}{\alpha_0\sqrt{g\ell}}\right)^2 = 1 \Leftrightarrow v^2 = \frac{1}{32}$$

$$\Rightarrow a_{ht} = \frac{v^2}{\ell} = \frac{1}{8} m/s^2$$



- Từ hình vẽ, ta có

$$\tan\beta = \frac{a_t}{a_{ht}} = 8 \Leftrightarrow \beta \simeq 1,44644 rad$$

- Vậy góc cần tìm là

$$\alpha + \beta \simeq 1,54644 rad = 88,6^0$$

Hoặc

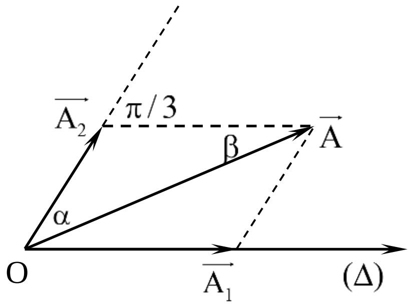
$$\pi - (\alpha + \beta) = 1,595 rad \simeq 91,4^0$$

2.

2.

- Từ hình vẽ, ta có $\alpha + \beta = \frac{\pi}{3}$
- Áp dụng định lý sin cho tam giác ta được

$$\frac{A}{\sin\frac{\pi}{3}} = \frac{A_1}{\sin\alpha} = \frac{A_2}{\sin\beta} = \frac{A_1 + A_2}{\sin\alpha + \sin\beta}$$



$$\Leftrightarrow (A_1 + A_2) = \frac{A}{\sin\frac{\pi}{3}}(\sin\alpha + \sin\beta) = 4.2.\sin\left(\frac{\alpha+\beta}{2}\right).\cos\left(\frac{\alpha-\beta}{2}\right)$$

$$\Leftrightarrow (A_1 + A_2) = 4.2.\sin\left(\frac{\pi/3}{2}\right).\cos\left(\frac{\alpha-\beta}{2}\right)$$

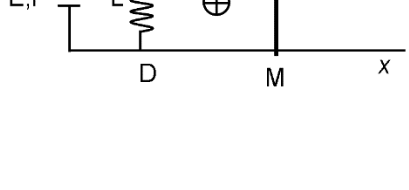
Do $\cos\left(\frac{\alpha-\beta}{2}\right) \le 1 \Rightarrow (A_1 + A_2)_{max} = 4cm$

Khi $\cos\left(\frac{\alpha-\beta}{2}\right) = 1 \Leftrightarrow \alpha = \beta = \frac{\pi}{6}$

Từ hình vẽ, ta có $\varphi = \beta = \frac{\pi}{6}$

Câu 5 (1,5 điểm):

Cho mạch điện như hình vẽ: nguồn điện có suất điện động E, điện trở trong r; cuộn dây thuần cảm, có độ tự cảm L; thanh kim loại MN khối lượng là m, chiều dài l, điện trở không đáng kể có thể trượt không ma sát dọc theo 2 thanh ray x, y là hai thanh dẫn điện. Hệ thống được đặt trong một mặt phẳng nằm ngang trong một từ trường đều cảm ứng từ $\vec{B}$ hướng thẳng đứng xuống dưới. Ban đầu khoá K đóng. Khi dòng điện trong cuộn dây ổn định người ta ngắt khoá K. Bỏ qua điện trở của các thanh ray và điện trở tiếp xúc giữa MN và các thanh ray.



1. Chứng minh thanh MN dao động điều hòa.

2. Tính vận tốc cực đại và biên độ dao động của thanh MN.

BG:

1.

K đóng: + Khi thanh MN chuyển động đều:

$$Bv_0l = E \to v_0 = \frac{E}{lB}$$

+ Lúc này dòng điện cảm ứng qua cuộn cảm bằng I_0, còn dòng điện trong MN lại bằng 0.

Khi ngắt K: +Tổng năng lượng trong mạch bảo toàn:

$$\frac{1}{2}Li^2 + \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}LI_0^2 + \frac{1}{2}mv_0^2$$

+ Đạo hàm theo thời gian $\to$ $Lii' + mvv' = 0$ (*)

Suất điện động cảm ứng trong MN là $e_{MN} = Bvl$

Suất điện động cảm ứng trong cuộn dây là $e_{tc} = Li' \to Bvl = Li'$ (**)$\to$ (*) tương đương:

$$i'' + \frac{B^2l^2}{mL}i = 0$$

$\to$ i dao động điều hoà với tần số góc $\omega = \frac{Bl}{\sqrt{mL}}$

2.

Từ (**) $\to$ x_{MN} cũng dao động điều hoà với cùng tần số góc.

+Từ điều kiện ban đầu $\to$ $v_{max}^2 = v_0^2 + \frac{L}{m}I_0^2 = \frac{E^2}{B^2l^2} + \frac{L}{m}\frac{E^2}{r^2}$

+ Biên độ dao động

$$A = \frac{v_{max}}{\omega} = \frac{E\sqrt{mL}}{Bl}\sqrt{\frac{1}{B^2l^2} + \frac{L}{mr^2}}$$

Câu 6 (1,5 điểm):

Một mặt cầu dẫn mỏng bán kính R_1, một điện tích Q phân bố bên trong mặt cầu với mật độ điện tích khối $\rho = ar^2$, với r là khoảng cách tính từ tâm mặt cầu, a là hằng số. Giả thiết hằng số điện môi bằng đơn vị.

1. Tìm hằng số a theo Q và R_1.

2. Tỉ số năng lượng điện trường bên trong mặt cầu và năng lượng điện trường bên ngoài mặt cầu.

BG:

1.

$$Q = \int_0^{R_1} \rho.4\pi r^2 dr = 4\pi a\int_0^{R_1} r^4 dr = \frac{4\pi a R_1^5}{5} \Rightarrow a = \frac{5Q}{4\pi R_1^5}$$

2.

Cường độ điện trường tại một điểm bên ngoài mặt cầu:

$$\boxed{\varepsilon_0 E.4\pi r^2 = Q \Rightarrow \vec{E}(r) = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\frac{\vec{r}}{r}}$$

Cường độ điện trường tại một điểm bên trong mặt cầu:

$$\boxed{\varepsilon_0 E.4\pi r^2 = 4\pi a\int_0^r r^4 dr = \frac{4\pi a r^5}{5} \Rightarrow \vec{E}(r) = \frac{Q.r^3}{4\pi\varepsilon_0 R^5}\frac{\vec{r}}{r}}$$

Năng lượng bên ngoài mặt cầu:

$$W_{out} = \int_R^\infty \frac{\varepsilon_0 E^2}{2}4\pi r^2 dr = \frac{4\pi\varepsilon_0}{2}\int_R^\infty E^2 r^2 dr = \frac{4\pi\varepsilon_0}{2}\int_R^\infty \left(\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\right)^2 r^2 dr = \frac{Q^2}{8\pi\varepsilon_0}\int_R^\infty \frac{dr}{r^2} = \frac{Q^2}{8\pi\varepsilon_0}\frac{1}{R} = \frac{kQ^2}{2R}$$

Năng lượng bên trong khối cầu:

$$W_{in} = \int_0^R \frac{\varepsilon_0 E^2}{2}4\pi r^2 dr = \int_0^R \frac{Q^2.r^8}{8\pi\varepsilon_0 R^{10}}dr = \frac{kQ^2}{2R^{10}}\int_0^R r^8 dr = \frac{kQ^2}{2R^{10}}\frac{R^9}{9} = \frac{kQ^2}{18R} = \frac{Q^2}{72\pi\varepsilon_0 R}$$

Tỉ số năng lượng W_{in} dự trữ trong khối cầu và năng lượng W_{out} chứa trong không gian bên ngoài khối cầu là:

$$\eta = \frac{W_{in}}{W_{out}} = \frac{1}{9}$$