ΤΑΞΗ: Γ΄ ΓΕΝΙΚΟΥ ΛΥΚΕΙΟΥ
ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ: ΘΕΤΙΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΜΑΘΗΜΑ: ΦΥΣΙΚΗ

Ημερομηνία: Τρίτη 5 Ιανουαρίου 2016

ΔιάρκειαΕξέτασης: 3 ώρες

ΘΕΜΑ

Α1. ➔ γ
Α2. ➔ δ
Α3. ➔ β
Α4. ➔ β

Α5. **α** – ΛΑΘΟΣ
β – ΣΩΣΤΟ
γ – ΛΑΘΟΣ
δ – ΣΩΣΤΟ
ε – ΛΑΘΟΣ

ΘΕΜΑ Β

Β1. **Σωστή απάντηση η (β)**

Η ιδιοσυχνότητα καθενός από τα τρία συστήματα μάζας – ελατηρίου είναι:

$$f_{0(I)} = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$f_{0(II)} = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{4k}{m}} = \frac{1}{\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$f_{0(III)} = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{2k}{4m}} = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{2m}}$$

Παρατηρούμε ότι η ιδιοσυχνότητα του συστήματος (ΙΙ) είναι ίση με τη συχνότητα του διεγέρτη. Συνεπώς το σύστημα (ΙΙ) θα βρεθεί σε κατάσταση συντονισμού, με αποτέλεσμα να ταλαντώνεται με το μέγιστο δυνατό πλάτος.

Β2. **Σωστή απάντηση η (β)**

Όταν ένα σώμα εκτελεί ταυτόχρονα δύο απλές αρμονικές ταλαντώσεις που γίνονται στην ίδια διεύθυνση, γύρω από το ίδιο σημείο ισορροπίας με ίδιο πλάτος και παραπλήσιες συχνότητες f_1, f_2 προκύπτει μια ιδιόμορφη ταλάντωση με σταθερή περίοδο και μεταβλητό πλάτος ή αλλιώς λέμε πως η κίνηση παρουσιάζει διακροτήματα.

Ο χρόνος μεταξύ δύο διαδοχικών μηδενισμών του πλάτους είναι η περίοδος του διακροτήματος που υπολογίζεται από τη σχέση:

$T_\delta = \dfrac{1}{|f_1 - f_2|}$ ενώ για την συχνότητα της ταλάντωσης του σώματος θα ισχύει: $\overline{\omega_T} = \dfrac{\omega_1 + \omega_2}{2}$ ή $2\pi f_T = \dfrac{2\pi f_1 + 2\pi f_2}{2}$ ή $f_T = \dfrac{f_1 + f_2}{2}$ και επομένως $T_T = \dfrac{2}{f_1 + f_2}$.

Το πλήθος των ταλαντώσεων που εκτελεί το σώμα στη διάρκεια της περιόδου του διακροτήματος είναι:

$$N = \frac{T_\delta}{T_T} = \frac{\dfrac{1}{|f_1 - f_2|}}{\dfrac{2}{f_1 + f_2}} = \frac{f_1 + f_2}{2|f_1 - f_2|} \quad (1)$$

Όταν διπλασιάζουμε τις συχνότητες έχουμε $f_1^{'} = 2f_1$ και $f_2^{'} = 2f_2$, οπότε για την νέα ιδιόμορφη ταλάντωση θα ισχύουν:

$$T_\delta^{'} = \frac{1}{|f_1^{'} - f_2^{'}|} = \frac{1}{|2f_1 - 2f_2|} = \frac{1}{2|f_1 - f_2|} \text{ και}$$

$$T_T^{'} = \frac{2}{f_1^{'} + f_2^{'}} = \frac{2}{2f_1 + 2f_2} = \frac{2}{2(f_1 + f_2)} = \frac{1}{f_1 + f_2}$$

οπότε το πλήθος των ταλαντώσεων που εκτελεί το σώμα στη διάρκεια της νέας περιόδου διακροτήματος,θα ισχύει:

$$N^{'} = \frac{T_\delta^{'}}{T_T^{'}} = \frac{\dfrac{1}{2|f_1 - f_2|}}{\dfrac{1}{f_1 + f_2}} = \frac{f_1 + f_2}{2|f_1 - f_2|} \quad (2)$$

Από τις σχέσεις (1) και (2) προκύπτει ότι $\dfrac{N}{N^{'}} = 1$

Β3. **Σωστή απάντηση η (α)**

Αν υ_δ η ταχύτητα διάδοσης των κυμάτων, η χρονική καθυστέρηση είναι:

$$\Delta t = t_2 - t_1 = \frac{d_2}{\upsilon_\delta} - \frac{d_1}{\upsilon_\delta} = \frac{d_2 - d_1}{\upsilon_\delta} \text{ ή } \upsilon_\delta \cdot \Delta t = d_2 - d_1 \text{ ή } d_2 = d_1 + \upsilon_\delta \cdot \Delta t \text{ ή}$$

$$d_2 = 2 \cdot \lambda + \frac{\lambda}{T} \cdot 3,25 \cdot T \text{ ή } d_2 = 5,25 \cdot \lambda$$

Η εξίσωση του πλάτους της ταλάντωσης του σημείου Μ μετά τη συμβολή είναι:

$$|A'_M| = \left|2A \cdot \sigma\upsilon\nu\left[\frac{\pi}{\lambda} \cdot (d_1 - d_2)\right]\right| \quad \text{ή}$$

$$|A'_M| = 2A \cdot \left|\sigma\upsilon\nu\left[\frac{\pi}{\lambda} \cdot (2 \cdot \lambda - 5,25 \cdot \lambda)\right]\right|$$

$$|A'_M| = 2A \cdot \left|\sigma\upsilon\nu\left[\frac{\pi}{\lambda} \cdot (-3,25 \cdot \lambda)\right]\right| \quad \text{ή} \quad |A'_M| = 2A \cdot |\sigma\upsilon\nu(-3,25 \cdot \pi)|$$

$$|A'_M| = 2A \cdot \left|\sigma\upsilon\nu(3\pi + \frac{\pi}{4})\right| \quad \text{ή} \quad |A'_M| = 2A \cdot \left|-\sigma\upsilon\nu\frac{\pi}{4}\right| \text{ ή}$$

$$|A'_M| = 2A \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \text{ ή } |A'_M| = A \cdot \sqrt{2}$$

Επομένως $\upsilon_{M(max)} = \omega \cdot |A'_M|$ ή $\boxed{\upsilon_{M(max)} = \omega \cdot A \cdot \sqrt{2}}$

ΘΕΜΑ Γ

Γ1. Από την εξίσωση $y_M = 0,3\eta\mu 2\pi(\alpha t - \beta)(S.I.)$ προκύπτει: $A = 0,3m$

Όταν στο μέσο διαδίδονται και τα δυο κύματα, δημιουργείται στάσιμο κύμα. Από την εξίσωση $\upsilon_M = 1,2\pi \cdot \sigma\upsilon\nu 4\pi t$ (S.I.), προκύπτει $\omega = 4\pi$ rad/s.

Η συχνότητα ταλάντωσης των σημείων του ελαστικού μέσου είναι ίδια, είτε διαδίδεται το ένα, είτε και τα δυο κύματα, οπότε:

$$\omega = 2\pi f \text{ ή } f = \frac{\omega}{2\pi} \text{ ή } f = \frac{4\pi}{2\pi} \text{ ή } \underline{f = 2Hz}$$

Ισχύει επίσης: $\upsilon_\delta = \lambda f$ ή $\lambda = \frac{\upsilon_\delta}{f}$ ή $\lambda = \frac{1,2}{2}$ ή $\underline{\lambda = 0,6m}$

όπου υ_δ η ταχύτητα διάδοσης των κυμάτων.

Επομένως οι εξισώσεις των δυο τρεχόντων κυμάτων είναι:

$$y_1 = 0,3\eta\mu 2\pi\left(2t - \frac{x}{0,6}\right) \text{ ή } \boxed{y_1 = 0,3\eta\mu 2\pi\left(2t - \frac{5x}{3}\right)(\text{S.I.})}$$

$$y_2 = 0,3\eta\mu 2\pi\left(2t + \frac{x}{0,6}\right) \text{ ή } \boxed{y_2 = 0,3\eta\mu 2\pi\left(2t + \frac{5x}{3}\right)(\text{S.I.})}$$

Η εξίσωση ταλάντωσης των σημείων του ελαστικού μέσου κατά την ταυτόχρονη διάδοση και των δυο κυμάτων, ή αλλιώς η εξίσωση του στάσιμου κύματος θα είναι:

$$y = 2A \cdot \sigma\upsilon\nu\frac{2\pi x}{\lambda} \cdot \eta\mu\frac{2\pi t}{T} \text{ ή } y = 2A \cdot \sigma\upsilon\nu\frac{2\pi x}{\lambda} \cdot \eta\mu\omega t \text{ ή}$$

$$y = 0,6 \cdot \sigma\upsilon\nu\frac{2\pi x}{0,6} \cdot \eta\mu 4\pi t$$

$$\boxed{y = 0,6 \cdot \sigma\upsilon\nu\frac{10\pi x}{3} \cdot \eta\mu 4\pi t(\text{S.I.})}$$

Γ2. Όταν στο ελαστικό μέσο αποκατασταθεί στάσιμο κύμα, η εξίσωση ταλάντωσης κάθε σημείου έχει τη μορφή:
$y = 2A \cdot \sigma\upsilon\nu\frac{2\pi x}{\lambda} \cdot \eta\mu\frac{2\pi t}{T}$ η οποία, θέτοντας $A' = 2A \cdot \sigma\upsilon\nu\frac{2\pi x}{\lambda}$,
γράφεται: $y = A' \cdot \eta\mu\frac{2\pi t}{T}$

αν $A' > 0$: $\quad y = |A'| \cdot \eta\mu\frac{2\pi t}{T}$

αν $A' < 0$: $\quad y = -|A'| \cdot \eta\mu\frac{2\pi t}{T}$ ή $y = |A'| \cdot \eta\mu\left(\frac{2\pi t}{T} + \pi\right)$

Η ταχύτητα ταλάντωσης του κάθε σημείου θα περιγράφεται από την εξίσωση:

$$\upsilon = \omega|A'| \cdot \sigma\upsilon\nu\frac{2\pi t}{T} \text{ όταν } A' > 0, \text{ ή}$$

$$\upsilon = \omega|A'| \cdot \sigma\upsilon\nu\left(\frac{2\pi t}{T} + \pi\right) \text{ όταν } A' < 0$$

Συγκρίνοντας την εξίσωση $\upsilon_M = 1,2\pi \cdot \sigma\upsilon\nu 4\pi t$ (S.I.) που μας δόθηκε, με τις παραπάνω προκύπτει πως:

- $A'_M > 0$ &
- $\omega A'_M = 1,2\pi$ ή $4\pi A'_M = 1,2\pi$ ή
  $\underline{A'_M = 0,3m}$ (δηλ. $A'_M = A$)

Όμως:

$A'_M = 2A \cdot \sigma\upsilon\nu\dfrac{2\pi x_M}{\lambda}$ ή $A = 2A \cdot \sigma\upsilon\nu\dfrac{2\pi x_M}{\lambda}$ ή $\sigma\upsilon\nu\dfrac{2\pi x_M}{\lambda} = \dfrac{1}{2}$ ή

$\sigma\upsilon\nu\dfrac{2\pi x_M}{\lambda} = \sigma\upsilon\nu\dfrac{\pi}{3}$

οπότε: $\dfrac{2\pi x_M}{\lambda} = 2k\pi \pm \dfrac{\pi}{3}$ ή $\underline{x_M = k\lambda \pm \dfrac{\lambda}{6} \ (k \in \mathbb{Z})}$ (1)

Γνωρίζουμε επίσης πως:

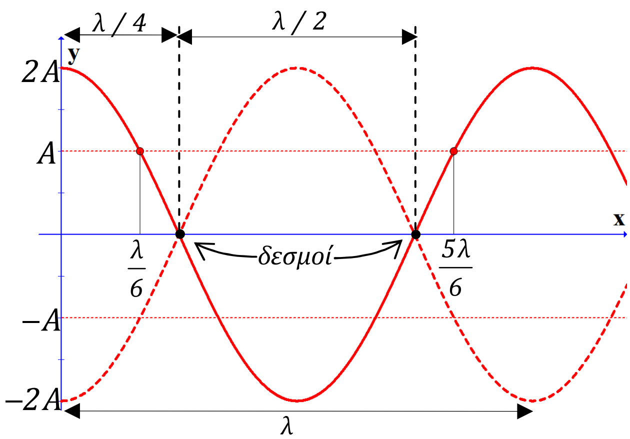
- $x_M > 0$ (αφού βρίσκεται στον θετικό ημιάξονα),
- μεταξύ της αρχής του άξονα Ο (που θα είναι κοιλία) και του Μ υπάρχουν **δυο δεσμοί και μια κοιλία**. Δεδομένου πως η απόσταση κοιλίας δεσμού είναι λ/4 και η απόσταση μεταξύ δυο διαδοχικών δεσμών είναι λ/2, θα πρέπει:

  $x_M > \dfrac{\lambda}{4} + \dfrac{\lambda}{2}$ ή $x_M > \dfrac{3\lambda}{4}$ ή $x_M > \dfrac{9\lambda}{12}$

  και

  $x_M < \lambda$ (αφού στη θέση x=λ έχουμε τη $2^η$ κοιλία μεταξύ Ο και Μ).

Επομένως πρέπει: $\dfrac{9\lambda}{12} < x_M < \lambda$



Θέτοντας στην εξίσωση (1) **k=0**, παίρνουμε:

$$x_M = -\frac{\lambda}{6} \text{ (απορ.)} \quad ή \quad x_M = \frac{\lambda}{6} = \frac{2\lambda}{12} \text{ (απορ. αφού είναι } < \frac{3\lambda}{4} = \frac{9\lambda}{12} \text{)}$$

Θέτοντας στην εξίσωση (1) **k=1**, παίρνουμε:

$$x_M = \lambda + \frac{\lambda}{6} \text{ (απορ.) ή } \boxed{x_M = \frac{5\lambda}{6}} \left(= \frac{10\lambda}{12}, \text{ δεκτή}\right)$$

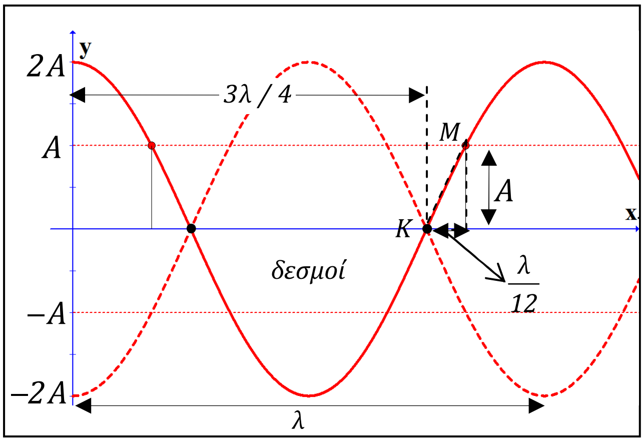
$$\text{Άρα: } x_M = \frac{5 \cdot 0,6}{6} \Rightarrow x_M = 0,5\text{m}$$

Γ3. Ο πλησιέστερος στο M δεσμός είναι αυτός που βρίσκεται στη θέση x=3λ/4. Τον ονομάζουμε K.

Το M βρίσκεται στην ελάχιστη απόστασή του από τον δεσμό K, τη στιγμή που και όλα τα σημεία διέρχονται από τη θέση ισορροπίας. Συνεπώς η ελάχιστη απόσταση είναι:

$$(KM)_{min} = x_M - x_K = \frac{5\lambda}{6} - \frac{3\lambda}{4} = \frac{10\lambda}{12} - \frac{9\lambda}{12} \text{ ή } \quad (KM)_{min} = \frac{\lambda}{12} = \frac{0,6}{12} \quad ή$$

$$\boxed{(KM)_{min} = 0,05 \text{ m}}$$



Με βάση το παραπάνω σχήμα προκύπτει:

$$(KM)_{max} = \sqrt{A^2 + \left(\frac{\lambda}{12}\right)^2} \quad ή$$

$$(KM)_{max} = \sqrt{0,3^2 + 0,05^2} = \sqrt{\left(30 \cdot 10^{-2}\right)^2 + \left(5 \cdot 10^{-2}\right)^2} \quad ή$$

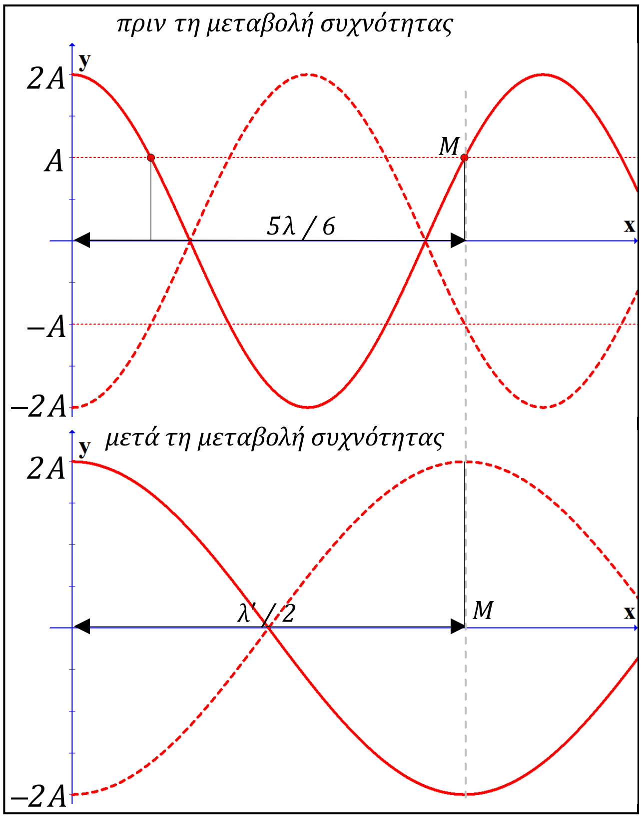
$$(KM)_{max} = \sqrt{925 \cdot 10^{-4}} = 30,4 \cdot 10^{-2} \qquad ή \qquad \boxed{(KM)_{max} = 0,304 \text{ m}}$$

Γ4. Όταν η συχνότητα των κυμάτων μεταβληθεί, το Μ θα είναι η 1η κοιλία στον θετικό ημιάξονα Οx, μετά την κοιλία στο σημείο Ο. Με τη μεταβολή της συχνότητας δεν μεταβάλλεται η ταχύτητα διάδοσης των κυμάτων, που εξαρτάται μόνο από το μέσο διάδοσης. Συνεπώς (βλέπε σχήμα παρακάτω) ισχύει:

$$\frac{5\cdot\lambda}{6}=\frac{\lambda'}{2} \quad \text{ή} \quad \frac{5}{6}\frac{\upsilon_K}{f}=\frac{1}{2}\frac{\upsilon_K}{f'} \quad \text{ή} \quad f'=\frac{3}{5}f \quad \text{ή} \quad f'=0,6f$$

Συνεπώς το ποσοστό μεταβολής της συχνότητας είναι:

$$\Pi_f=\frac{f'-f}{f}100\% \quad \text{ή} \quad \Pi_f=\frac{0,6f-f}{f}100\% \quad \text{ή} \quad \boxed{\Pi_f=-40\%}$$



Ο ζητούμενος λόγος θα είναι:

$$\frac{E_M}{E'_M}=\frac{\frac{1}{2}m\omega^2A_M^2}{\frac{1}{2}m\omega'^2A_M'^2} \text{ ή } \frac{E_M}{E'_M}=\frac{4\pi^2f^2A_M^2}{4\pi^2f'^2A_M'^2} \text{ ή } \frac{E_M}{E'_M}=\left(\frac{f}{f'}\right)^2\left(\frac{A_M}{A'_M}\right)^2 \text{ ή}$$

$$\frac{E_M}{E'_M}=\left(\frac{f}{0,6f}\right)^2\left(\frac{A}{2A}\right)^2 \text{ ή}$$

$$\frac{E_M}{E'_M} = \frac{1}{0,36 \cdot 4} \text{ ή } \frac{E_M}{E'_M} = \frac{100}{36 \cdot 4} \text{ ή}$$

$$\boxed{\frac{E_M}{E'_M} = \frac{25}{36}}$$

ΘΕΜΑ Δ

Δ1. Στη διάρκεια της ταλάντωσης το σώμα διέρχεται από τη Θ.Ι. κάθε μισή περίοδο άρα με βάση τα δεδομένα, θα είναι $\frac{T}{2} = 0,25\text{s}$ ή T=0,5s.

Η κυκλική συχνότητα της ταλάντωσης θα είναι:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{0,5} \text{ ή } \underline{\omega = 4\pi \tfrac{\text{rad}}{\text{s}}}$$

Η απόσταση d, μεταξύ των ακραίων θέσεων της ταλάντωσης ισούται με 2A και έτσι:

$$d = 2A \text{ ή } A = \frac{d}{2} \text{ ή } A = \frac{0,8}{2} \text{ ή } \underline{A = 0,4 \text{ m}}$$

Γνωρίζουμε ότι την t=0: $x = 0,2\sqrt{3}$ m και αφού επιταχύνεται θα κινείται προς τη Θ.Ι οπότε υ<0

Γενικά: $x = A \cdot \eta\mu(\omega t + \varphi_o) \xrightarrow[x=0,1\sqrt{3}m]{t=0} 0,2\sqrt{3} = 0,4 \cdot \eta\mu\varphi_0$ ή

$$\eta\mu\varphi_0 = \frac{\sqrt{3}}{2} \text{ ή } \eta\mu\varphi_0 = \eta\mu\frac{\pi}{3}, \text{ άρα:}$$

$$\varphi_0 = 2k\pi + \frac{\pi}{3} \quad \text{ή} \quad \varphi_0 = 2k\pi + \pi - \frac{\pi}{3} = 2k\pi + \frac{2\pi}{3} \quad k \in \mathbb{Z}$$

Δεχόμαστε: $0 \le \varphi_0 < 2\pi$. Θέτοντας k=0 παίρνουμε:

$$\varphi_0 = \frac{\pi}{3}\text{rad} \quad \text{ή} \quad \varphi_0 = \frac{2\pi}{3}\text{rad}$$

ενώ κάθε άλλη τιμή του k, δίνει φ_0 εκτός της δεκτής περιοχής τιμών.

Γνωρίζουμε επίσης ότι για t=0:

$$\upsilon < 0 \text{ ή } \upsilon_{max} \cdot \sigma\upsilon\nu\varphi_0 < 0 \xrightarrow{\upsilon_{max}>0} \sigma\upsilon\nu\varphi_0 < 0$$

$$\text{Άρα: } \underline{\varphi_0 = \frac{2\pi}{3}\text{rad}}$$

Τελικά η ζητούμενη εξίσωση είναι:

$$\boxed{x = 0,4 \cdot \eta\mu\left(4\pi t + \frac{2\pi}{3}\right)(\text{S.I.})}$$

Δ2. Γνωρίζοντας την αλγεβρική τιμή της δύναμης επαναφοράς, υπολογίζουμε την απομάκρυνση από τη θέση ισορροπίας:

$\Sigma F = -Dx \xrightarrow{D=k} \Sigma F = -kx$ ή στη θέση που μας ενδιαφέρει:

$$x_1 = -\frac{\Sigma F}{k} = -\frac{(-51,2)}{160} \text{ ή } \underline{x_1 = 0,32 \text{ m}}$$

Επειδή όμως η ενέργεια της ταλάντωσης παραμένει σταθερή, η ενέργεια ταλάντωσης στη θέση που μας ενδιαφέρει (x_1) θα είναι ίση με την ενέργεια της ταλάντωσης στη θέση μέγιστης απομάκρυνσης (Θ.Μ.Α):

$$E_{(\Theta.M.A)} = E_{(x_1)} \text{ ή } \tfrac{1}{2}DA^2 = \tfrac{1}{2}m\upsilon_1^2 + \tfrac{1}{2}Dx_1^2 \text{ ή } m\omega^2A^2 = m\upsilon_1^2 + m\omega^2x_1^2$$

$$\upsilon_1^2 = \omega^2A^2 - \omega^2x_1^2 \text{ ή } \upsilon_1^2 = \omega^2\left(A^2 - x_1^2\right) \text{ ή } \upsilon_1 = \pm\omega\sqrt{A^2 - x_1^2}$$

$$\upsilon_1 = \pm 4\pi\sqrt{0,4^2 - 0,32^2} = \pm 4\pi\sqrt{\left(40\cdot 10^{-2}\right)^2 - \left(32\cdot 10^{-2}\right)^2} \text{ ή}$$

$$\upsilon_1 = \pm 4\pi\sqrt{(1600 - 1024)\cdot 10^{-4}} \text{ ή}$$

$$\upsilon_1 = \pm 4\pi\sqrt{576\cdot 10^{-4}} = \pm 4\pi 24\cdot 10^{-2} = \pm 0,96\pi \tfrac{m}{s} \xrightarrow[\text{πλησιάζει τη Θ.Ι.}]{x_1>0}$$

$$\boxed{\upsilon_1 = -0,96\pi \tfrac{m}{s}}$$

Δ3. Από τη σταθερά επαναφοράς της αρχικής ταλάντωσης του συστήματος m_1-k, υπολογίζουμε την m_1:

$$D = m_1 \cdot \omega^2 \xrightarrow{D=k} m_1 = \frac{k}{\omega^2} \text{ ή } m_1 = \frac{160}{16\pi^2} \text{ ή } \underline{m_1 = 1 \text{ kg}}$$

Εφαρμόζουμε την Α.Δ.Ο στον άξονα x΄x για το σύστημα των Σ_1-Σ_2:

$\vec{P}_{o\lambda} = \vec{P}'_{o\lambda}$ ή $\vec{P}_1 + \vec{P}_2 = \vec{P}'_{12}$ και εφόσον το ποσοστό απώλειας μηχανικής ενέργειας κατά την κρούση είναι 100% το συσσωμάτωμα θα έχει μηδενική ταχύτητα αμέσως μετά την κρούση, οπότε:

$$\vec{P}_1 + \vec{P}_2 = \vec{0} \text{ ή αλγεβρικά } m_2|\upsilon_2| - m_1|\upsilon_1| = 0 \text{ ή } m_2|\upsilon_2| = m_1|\upsilon_1| \text{ ή}$$

$$|\upsilon_2| = \frac{m_1|\upsilon_1|}{m_2} \text{ ή } |\upsilon_2| = \frac{0,96\pi}{0,6} = \frac{96\pi}{6\cdot 10} = \frac{4\cdot 24\pi}{6\cdot 10} \text{ ή } \boxed{|\upsilon_2| = 1,6\pi \tfrac{m}{s}}$$

Δ4. Μετά την κρούση το σύστημα των δυο σωμάτων θα εκτελέσει φθίνουσα ταλάντωση γύρω από την ίδια θέση ισορροπίας (με αυτή της ταλάντωσης του m_1), με αρχικό πλάτος $A_0 = |x_1| = 0,32\ m$ (αφού το συσσωμάτωμα δεν έχει ταχύτητα αμέσως μετά την κρούση).

Η περίοδος της φθίνουσας ταλάντωσης θα ισούται με την περίοδο της απλής αρμονικής ταλάντωσης του συστήματος των δυο σωμάτων, απουσία αποσβέσεων, δηλ:

$$T = T'_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m_1+m_2}{k}} \quad \text{ή} \quad T = 2\pi\sqrt{\frac{1+0,6}{160}} \quad \text{ή} \quad T = 2\pi\sqrt{\frac{1}{100}} \quad \text{ή}$$

$$\underline{T = \frac{\pi}{5}s}$$

Εφόσον η δύναμη απόσβεσης λόγω αέρα είναι της μορφής F΄=-bυ, το πλάτος της ταλάντωσης θα μειώνεται εκθετικά με το χρόνο και συνεπώς:

$$A_{10} = A_0 e^{-\Lambda t} \xrightarrow{t=10T} A_{10} = \frac{A_0}{e^{\frac{\ln 2}{\pi}10\frac{\pi}{5}}} \quad \text{ή} \quad A_{10} = \frac{A_0}{e^{2\cdot\ln 2}} \quad \text{ή} \quad A_{10} = \frac{A_0}{e^{\ln 2^2}} \quad \text{ή}$$

$$A_{10} = \frac{A_0}{2^2} \text{ ή } A_{10} = \frac{0,32}{4} \text{ ή } \boxed{A_{10} = 0,08\ m}$$