

# Φυσική Κατεύθυνσης - Επαναληπτικές 2004

## ΘΕΜΑ 1ο

### 1. Διακροτήματα

Σωστή απάντηση: α. αυξηθεί.

Στα διακροτήματα η συχνότητα διακροτήματος είναι:

$$f\delta = |f_1 - f_2|$$

Το πλάτος μηδενίζεται ανά ίσα χρονικά διαστήματα που είναι αντιστρόφως ανάλογα της διαφοράς των συχνοτήτων:

$$\Delta t = 1 / (2|f_1 - f_2|)$$

Αν η  $f_2$  πλησιάζει τη  $f_1$ , τότε η διαφορά  $|f_1 - f_2|$  μικραίνει. Άρα το  $\Delta t$  μεγαλώνει.

### 2. Στάσιμο κύμα

Σωστή απάντηση: β. εξαρτάται από τη θέση του σημείου.

Στο στάσιμο κύμα το πλάτος κάθε σημείου δεν είναι κοινό για όλο το μέσο. Υπάρχουν δεσμοί με μηδενικό πλάτος και κοιλίες με μέγιστο πλάτος.

$$A(x) = 2A |\sin(2\pi x/\lambda)| \text{ ή } A(x) = 2A |\cos(2\pi x/\lambda)|, \text{ ανάλογα με την αρχή μέτρησης}$$

### 3. Φθίνουσα ταλάντωση

Σωστή απάντηση: γ. η περίοδος διατηρείται σταθερή για ορισμένη τιμή της σταθεράς απόσβεσης.

Όταν το πλάτος μειώνεται εκθετικά, η δύναμη απόσβεσης είναι ανάλογη της ταχύτητας και όχι της απομάκρυνσης. Για δεδομένη σταθερά απόσβεσης, η ταλάντωση έχει καθορισμένη περίοδο.

### 4. Φαινόμενο στο βυθισμένο τμήμα ράβδου

Σωστή απάντηση: γ. διάθλαση.

Το φαινομενικό “σπάσιμο” της ράβδου οφείλεται στην αλλαγή διεύθυνσης του φωτός όταν περνά από το νερό στον αέρα.

### 5. Σωστό - Λάθος

| Πρόταση | Απάντηση | Αιτιολόγηση                                                                                              |
|---------|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| α       | Λάθος    | Με αύξηση της αντίστασης σε φθίνουσα ηλεκτρική ταλάντωση η περίοδος δεν μειώνεται. Η απόσβεση αυξάνεται. |
| β       | Σωστό    | Επιταχυνόμενα φορτία εκπέμπουν ηλεκτρομαγνητικά κύματα.                                                  |
| γ       | Σωστό    | Η ροπή ζεύγους είναι ανεξάρτητη από το σημείο αναφοράς.                                                  |

|               |       |                                                                                                     |
|---------------|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\delta$      | Λάθος | Τα ραδιοκύματα εκπέμπονται από ταλαντούμενα ηλεκτρικά φορτία/κεραίες, όχι από ραδιενεργούς πυρήνες. |
| $\varepsilon$ | Σωστό | Το φαινόμενο Doppler ισχύει και στα ηλεκτρομαγνητικά κύματα.                                        |

## ΘΕΜΑ 2ο

### 1. Ενέργεια μαγνητικού πεδίου σε κύκλωμα LC

Σωστή απάντηση: γ. 75% της ολικής ενέργειας.

Η ολική ενέργεια του ιδανικού κυκλώματος είναι σταθερή:

$$E = Q^2/(2C)$$

Όταν  $q = Q/2$ , η ενέργεια του ηλεκτρικού πεδίου του πυκνωτή είναι:

$$U_E = q^2/(2C) = (Q/2)^2/(2C) = Q^2/(8C) = E/4$$

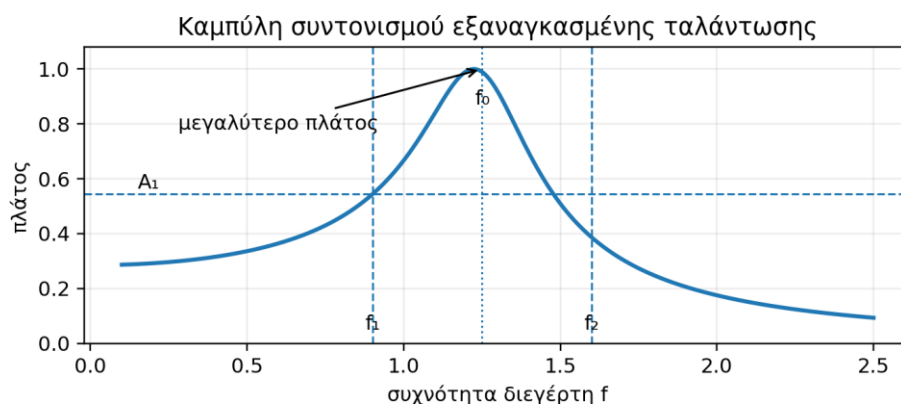
Άρα η υπόλοιπη ενέργεια βρίσκεται στο μαγνητικό πεδίο του πηνίου:

$$U_B = E - U_E = E - E/4 = 3E/4 = 75\% E$$

### 2. Εξαναγκασμένη ταλάντωση και συντονισμός

Σωστή απάντηση: γ.  $f_1 < f < f_2$ .

Αφού για δύο διαφορετικές συχνότητες  $f_1$  και  $f_2$  παίρνουμε το ίδιο πλάτος  $A_1$ , οι δύο συχνότητες βρίσκονται εκατέρωθεν της συχνότητας συντονισμού. Για να γίνει το πλάτος μεγαλύτερο από  $A_1$  πρέπει να πλησιάσουμε τη συχνότητα συντονισμού, άρα η  $f$  πρέπει να βρίσκεται ανάμεσα στις  $f_1$  και  $f_2$ .



Σχήμα 1: Σχηματική καμπύλη συντονισμού. Μεγαλύτερο πλάτος προκύπτει για συχνότητες ανάμεσα στις  $f_1$  και  $f_2$ .

### 3. Κεντρική ελαστική κρούση

Σωστή απάντηση: α.  $m_A = m_B$ .

Στην κεντρική ελαστική κρούση σώματος Α με αρχικά ακίνητο σώμα Β, το ποσοστό της αρχικής κινητικής ενέργειας που μεταφέρεται στο Β είναι:

$$\Pi = 4m_A m_B / (m_A + m_B)^2$$

Το κλάσμα γίνεται μέγιστο όταν οι μάζες είναι ίσες. Τότε όλη η κινητική ενέργεια μεταφέρεται από το Α στο Β.

#### 4. Κύλιση χωρίς ολίσθηση

Σωστή απάντηση: β. λεπτός δακτύλιος.

Για κύλιση χωρίς ολίσθηση ισχύει  $v = \omega R$ . Η μεταφορική και η στροφική κινητική ενέργεια είναι:

$$K_{\text{μετ}} = 1/2 m v^2$$

$$K_{\text{στρ}} = 1/2 I \omega^2 = 1/2 I \cdot v^2 / R^2$$

Δίνεται ότι  $K_{\text{μετ}} = K_{\text{στρ}}$ . Άρα:

$$1/2 m v^2 = 1/2 I \cdot v^2 / R^2 \Rightarrow I = m R^2$$

Αυτή είναι η ροπή αδράνειας λεπτού δακτυλίου ως προς τον άξονά του.

### ΘΕΜΑ 3ο - Συμβολή κυμάτων

Δεδομένα: ταχύτητα διάδοσης  $v = 0,5 \text{ m/s}$  και εξίσωση ταλάντωσης του σημείου Κ:

$$y_K = 0,2 \text{ ημ}[(5\pi/3)(t - 2)] \text{ (S.I.)}$$

#### α. Περίοδος, μήκος κύματος και πλάτος κάθε κύματος

Από την εξίσωση διαβάζουμε την κυκλική συχνότητα:

$$\omega = 5\pi/3 \text{ rad/s}$$

$$T = 2\pi/\omega = 2\pi/(5\pi/3) = 6/5 \text{ s} = 1,2 \text{ s}$$

Το μήκος κύματος είναι:

$$\lambda = vT = 0,5 \cdot 1,2 = 0,6 \text{ m}$$

Το Κ ταλαντώνεται με μέγιστο πλάτος. Η συνισταμένη μέγιστη απομάκρυνση του Κ είναι 0,2 m. Για δύο όμοια κύματα, σε σημείο ενίσχυσης, το πλάτος είναι 2Α.

$$2A = 0,2 \Rightarrow A = 0,1 \text{ m}$$

#### β. Απόσταση ΑΒ των πηγών

Το Κ είναι το πλησιέστερο προς το μέσο Μ σημείο, πάνω στο ΑΒ και από την πλευρά που  $r_1 > r_2$ , το οποίο έχει μέγιστο πλάτος. Για μέγιστο πλάτος ισχύει:

$$|r_1 - r_2| = N\lambda$$

Το Μ έχει διαφορά δρόμου 0. Το πλησιέστερο άλλο σημείο μέγιστης ενίσχυσης έχει:

$$r_1 - r_2 = \lambda = 0,6 \text{ m}$$

Η εξίσωση συμβολής πάνω στο AB γράφεται:

$$y_K = 2A \sin[\pi(r_1 - r_2)/\lambda] \cdot \eta\mu[\omega t - \pi(r_1 + r_2)/\lambda]$$

Επειδή  $r_1 - r_2 = \lambda$ , έχουμε  $\sin\pi = -1$ , άρα:

$$y_K = -0,2 \eta\mu[\omega t - \pi AB/\lambda] = 0,2 \eta\mu[\omega t - \pi AB/\lambda + \pi]$$

Η δοσμένη εξίσωση είναι:

$$y_K = 0,2 \eta\mu[\omega t - 2\omega] = 0,2 \eta\mu[\omega t - 10\pi/3]$$

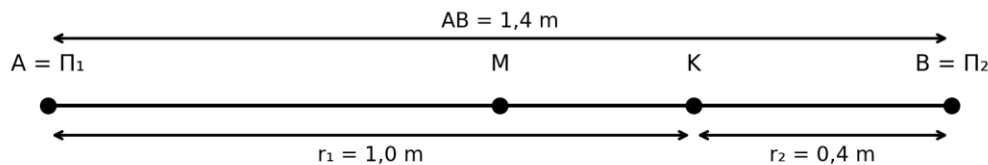
Άρα, επιλέγοντας τη φυσική λύση που αντιστοιχεί στην πρώτη άφιξη στο Κ:

$$-\pi AB/\lambda + \pi = -10\pi/3 + 2\pi$$

$$\pi AB/\lambda = 7\pi/3 \Rightarrow AB/\lambda = 7/3$$

$$AB = (7/3)\lambda = (7/3) \cdot 0,6 = 1,4 \text{ m}$$

**Σχόλιο:** Η άλλη αλγεβρική περίοδος φάσης θα έδινε μεγαλύτερη απόσταση, αλλά δεν αντιστοιχεί στο πλησιέστερο/πρώτο φυσικό σενάριο που περιγράφει η εκφώνηση.



Σχήμα 2: Γεωμετρία πηγών και σημείου Κ πάνω στο ευθύγραμμο τμήμα AB.

### γ. Αποστάσεις $r_1$ και $r_2$

Έχουμε το σύστημα:

$$r_1 + r_2 = AB = 1,4$$

$$r_1 - r_2 = \lambda = 0,6$$

Προσθέτουμε κατά μέλη:

$$2r_1 = 2,0 \Rightarrow r_1 = 1,0 \text{ m}$$

Και:

$$r_2 = 1,4 - 1,0 = 0,4 \text{ m}$$

#### δ. Πλήθος σημείων του AB με πλάτος ίσο με του K

Το K έχει μέγιστο πλάτος 0,2 m. Ζητούνται λοιπόν όλα τα σημεία του AB που έχουν μέγιστο πλάτος.

Στο τμήμα AB η διαφορά δρόμου παίρνει τιμές από -AB έως +AB:

$$-1,4 \leq \Delta r \leq 1,4$$

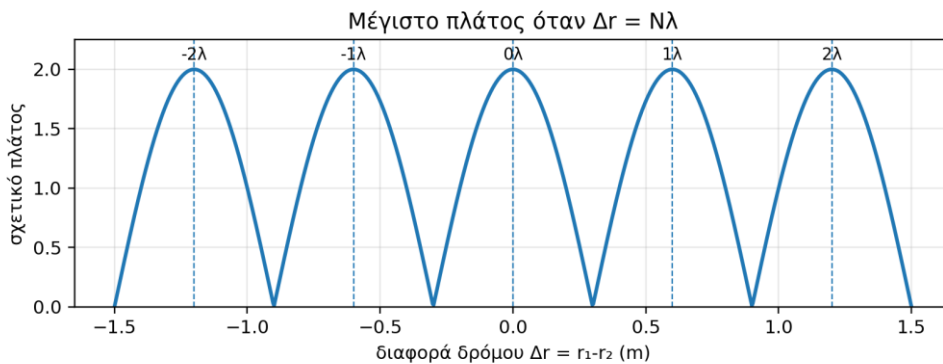
Τα σημεία μέγιστης ενίσχυσης ικανοποιούν:

$$\Delta r = N\lambda = N \cdot 0,6$$

Οι δυνατές τιμές είναι:

$$\Delta r = -1,2, -0,6, 0, +0,6, +1,2$$

Άρα υπάρχουν 5 σημεία του ευθύγραμμου τμήματος AB με πλάτος ίσο με το πλάτος του K.

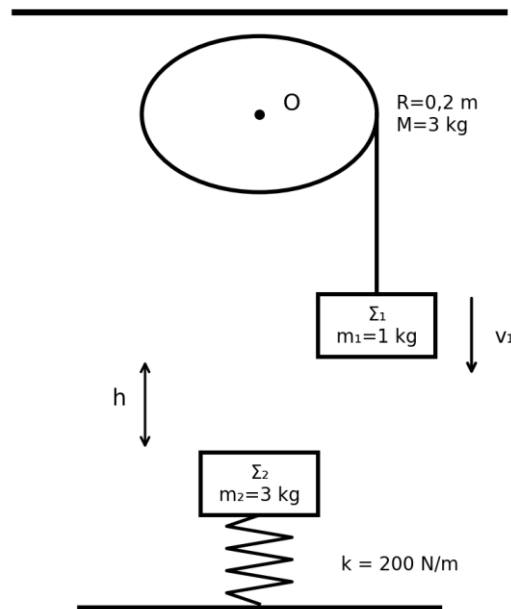


Σχήμα 3: Μέγιστα πλάτη για διαφορά δρόμου  $\Delta r = N\lambda$ .

## ΘΕΜΑ 4ο - Τροχαλία, πλαστική κρούση και ταλάντωση

Δεδομένα:  $R = 0,2 \text{ m}$ ,  $M = 3 \text{ kg}$ ,  $m_1 = 1 \text{ kg}$ ,  $m_2 = 3 \text{ kg}$ ,  $k = 200 \text{ N/m}$ ,  $t = 1 \text{ s}$ ,  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

$$I = \frac{1}{2} MR^2 = \frac{1}{2} \cdot 3 \cdot (0,2)^2 = 0,06 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$$



Σχήμα 4: Διάταξη τροχαλίας, σώματος  $\Sigma_1$  και σώματος  $\Sigma_2$  με ελατήριο.

### α. Επιτάχυνση του $\Sigma_1$ πριν την κρούση

Για το σώμα  $\Sigma_1$ , με φορά προς τα κάτω θετική:

$$m_1 g - T = m_1 a$$

Για την τροχαλία:

$$TR = I\alpha$$

Επειδή το νήμα δεν ολισθαίνει:

$$a = \alpha R \Rightarrow \alpha = a/R$$

Άρα:

$$TR = I \cdot a/R \Rightarrow T = Ia/R^2$$

$$T = (0,06/(0,2)^2)a = (0,06/0,04)a = 1,5a$$

Στην εξίσωση του  $\Sigma_1$ :

$$10 - 1,5a = a \Rightarrow 10 = 2,5a \Rightarrow a = 4 \text{ m/s}^2$$

## β. Κινητική ενέργεια της τροχαλίας μετά την κρούση

Πριν την κρούση, το Σ<sub>1</sub> ξεκινά από ηρεμία και κινείται με σταθερή επιτάχυνση για  $t = 1$  s:

$$v_1 = at = 4 \cdot 1 = 4 \text{ m/s}$$

Η γωνιακή ταχύτητα της τροχαλίας είναι:

$$\omega = v_1/R = 4/0,2 = 20 \text{ rad/s}$$

Κατά την κρούση κόβεται το νήμα. Η τροχαλία συνεχίζει να περιστρέφεται με την ίδια γωνιακή ταχύτητα, αφού δεν υπάρχει ροπή τριβής στον άξονα.

$$K_{\text{τροχ}} = \frac{1}{2} I \omega^2 = \frac{1}{2} \cdot 0,06 \cdot 20^2 = 12 \text{ J}$$

## γ. Πλάτος ταλάντωσης του συσσωματώματος

Η κρούση είναι πλαστική. Διατηρείται η ορμή κατά την κατακόρυφη διεύθυνση στη διάρκεια της κρούσης:

$$m_1 v_1 = (m_1 + m_2) V$$

$$1 \cdot 4 = 4V \Rightarrow V = 1 \text{ m/s}$$

Πριν την κρούση, το Σ<sub>2</sub> ισορροπεί μόνο του στο ελατήριο. Η συμπίεση του ελατηρίου είναι:

$$x_2 = m_2 g / k = 3 \cdot 10 / 200 = 0,15 \text{ m}$$

Μετά την κρούση, το συσσωμάτωμα έχει μάζα  $m_1 + m_2 = 4$  kg. Η νέα θέση ισορροπίας αντιστοιχεί σε συμπίεση:

$$x_{\text{ισ}} = (m_1 + m_2) g / k = 4 \cdot 10 / 200 = 0,20 \text{ m}$$

Τη στιγμή αμέσως μετά την κρούση το συσσωμάτωμα βρίσκεται στη θέση όπου η συμπίεση είναι 0,15 m. Άρα βρίσκεται 0,05 m πάνω από τη νέα θέση ισορροπίας:

$$x_0 = -0,05 \text{ m}$$

Η γωνιακή συχνότητα της ταλάντωσης είναι:

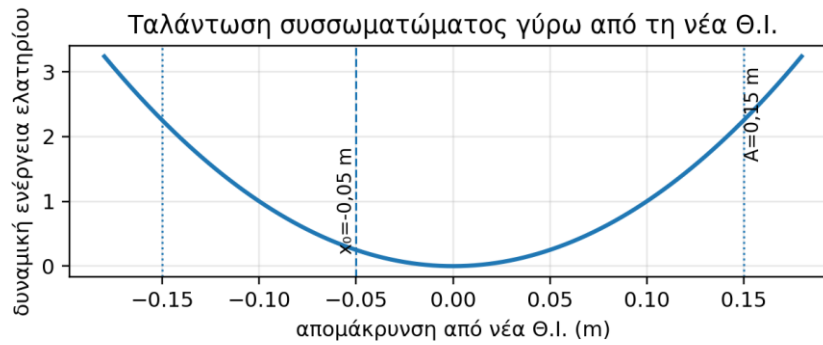
$$\omega_0 = \sqrt{k / (m_1 + m_2)} = \sqrt{(200 / 4)} = \sqrt{50} = 5\sqrt{2} \text{ rad/s}$$

Για απλή αρμονική ταλάντωση:

$$A^2 = x_0^2 + (V / \omega_0)^2$$

$$A^2 = (0,05)^2 + 1^2 / 50 = 0,0025 + 0,0200 = 0,0225$$

$$A = 0,15 \text{ m}$$



Σχήμα 5: Αρχική θέση μετά την κρούση και πλάτος γύρω από τη νέα θέση ισορροπίας.

#### δ. Ρυθμός μεταβολής της ορμής όταν $|x| = 0,1 \text{ m}$

Ο ρυθμός μεταβολής της ορμής ισούται με τη συνισταμένη δύναμη:

$$|dp/dt| = |\Sigma F|$$

Στην απλή αρμονική ταλάντωση γύρω από τη θέση ισορροπίας:

$$\Sigma F = -kx$$

$$|\Sigma F| = k|x| = 200 \cdot 0,1 = 20 \text{ N}$$

Άρα:

$$|dp/dt| = 20 \text{ N}$$