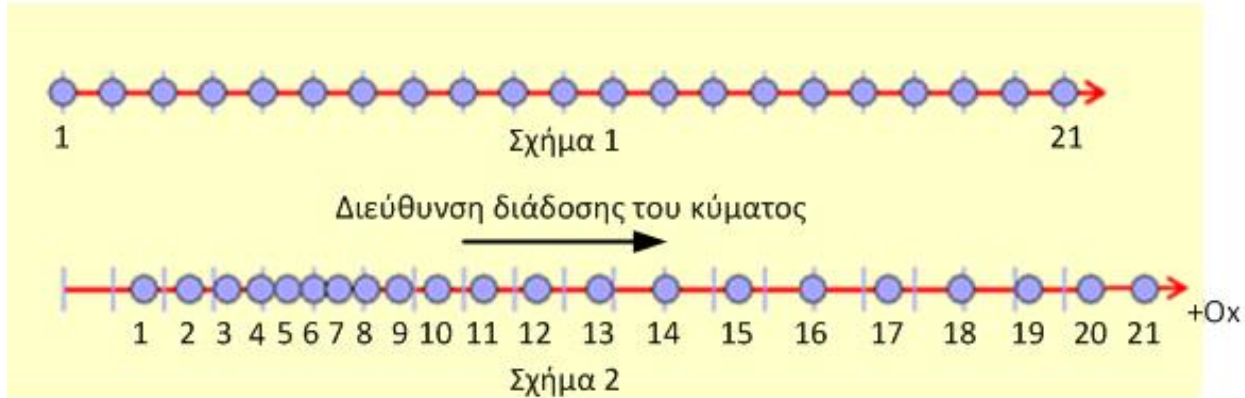


1. Το επόμενο διάγραμμα δείχνει τα σωματίδια ενός μέσου πριν τη διέλευση από αυτό (Σχήμα 1) και κατά τη διέλευση από αυτό (Σχήμα 2), ενός τρέχοντος ηχητικού κύματος.



Για το στιγμιότυπο του Σχήματος 2:

- (α) i. να γράψετε προς ποια κατεύθυνση κινούνται τα σωματίδια 5, 6 και 7 του μέσου

(Μονάδα 1)

- ii. να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

(Μονάδα 1)

i. Προς την κατεύθυνση +Οx.	1 μον.
ii. Τα σωματίδια 5, 6 και 7 είναι σημεία πυκνώματος και άρα απομακρύνονται από την πηγή.	1 μον.

- (β) i. να γράψετε προς ποια κατεύθυνση κινούνται τα σωματίδια 15, 16 και 17 του μέσου

(Μονάδα 1)

- ii. να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

(Μονάδα 1)

i. Προς την κατεύθυνση – Οx. (προς την πηγή) (1 μον.)	(1 μον.)
ii. Τα σωματίδια 15, 16 και 17 είναι σημεία αραιώματος. (1 μον.)	(1 μον.)

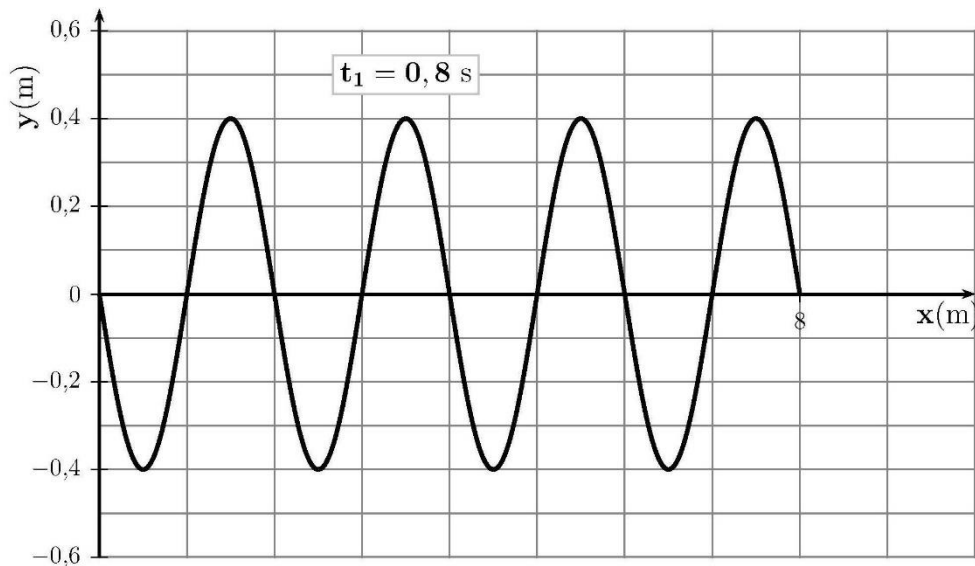
- (γ) Να γράψετε για ποιο σωματίδιο του μέσου η αλγεβρική τιμή της ωκύτητας είναι ελάχιστη.

(Μονάδα 1)

Το σωματίδιο 16 (κέντρο αραιώματος) (αυτό διαπιστώνεται από τη σύγκριση των θέσεων των σωματιδίων στα Σχήματα 1 και 2).

(1 μον.)

2. Τη χρονική στιγμή  $t = 0$  το ελεύθερο άκρο μιας τεντωμένης χορδής αρχίζει να εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση από τη θέση ισορροπίας με θετική ωκύτητα. Η διεύθυνση διάδοσης του εγκάρσιου κύματος που δημιουργείται ταυτίζεται με τη διεύθυνση του άξονα  $Ox$ . Στο πιο κάτω σχήμα φαίνεται το στιγμιότυπο του κύματος τη χρονική στιγμή  $t_1 = 0,8 \text{ s}$ . Η πηγή του κύματος βρίσκεται στη θέση  $x = 0$ .



(α) Να χρησιμοποιήσετε το διάγραμμα για να προσδιορίσετε:

i. το μήκος κύματος  $\lambda$

(Μονάδα 1)

$$4\lambda = 8,0\text{m} \Rightarrow \lambda = 2,0\text{m}$$

1 μον.

ii. την ταχύτητα διάδοσης του κύματος  $v$

(Μονάδα 1)

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{8\text{m}}{0,8\text{s}} = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

1 μον.

iii. τη συχνότητα ταλάντωσης της πηγής του κύματος  $f$ .

(Μονάδα 1)

$$v = \lambda f \Rightarrow f = \frac{v}{\lambda} = \frac{10 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{2\text{m}} = 5\text{Hz}$$

1 μον.

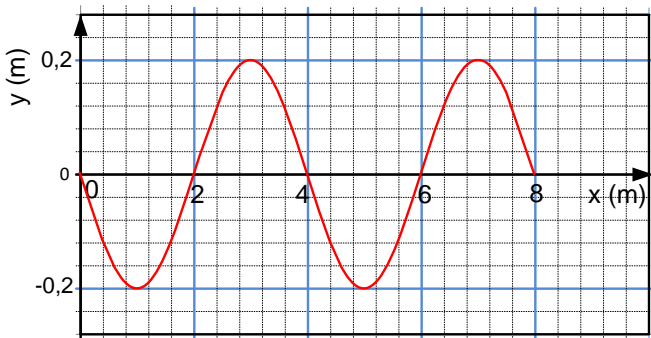
(β) Να γράψετε την εξίσωση του κύματος.

(Μονάδες 2)

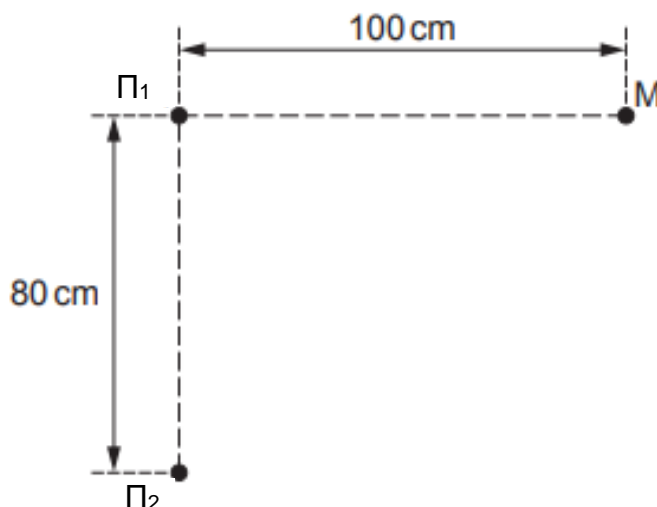
$T = \frac{1}{f} = 0,2s$ [1 μον.] $y(x,t) = y_0 \eta\mu \left[ 2\pi \left( \frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right) \right] = (0,4m) \eta\mu \left[ 2\pi \left( \frac{t}{0,2s} - \frac{x}{2m} \right) \right]$ [1 μον.]	2 μον.
---	--------

(γ) Αν η συχνότητα και το πλάτος του κύματος που παράγει η πηγή υποδιπλασιαστούν, να σχεδιάσετε το στιγμιότυπο του κύματος τη χρονική στιγμή  $t_1 = 0,8 s$ .

(Μονάδες 5)

$f' = \frac{f}{2} = 2,5Hz$ $v = \text{σταθερό}$ [1 μον.], $v = \lambda' f' \Rightarrow \lambda' = \frac{v}{f'} = \frac{10m/s}{2,5Hz} = 4m$ [1 μον.], Σωστός σχεδιασμός του νέου στιγμιότυπου. [3 μον.] ([1 μον.] για ορθό πλάτος, [1 μον.] για ορθό μήκος κύματος, [1 μον.] για ορθή μορφή). 	5 μον.
---	--------

3. Δύο ηχητικές πηγές  $\Pi_1$  και  $\Pi_2$  βρίσκονται στον αέρα σε απόσταση 80 cm μεταξύ τους, όπως φαίνεται στο πιο κάτω σχήμα.



Η συχνότητα ταλάντωσης των δύο πηγών μπορεί να μεταβάλλεται. Οι δύο πηγές ταλαντώνονται πάντα σε φάση και έχουν τα ίδια πλάτη ταλάντωσης. Ένα μικρόφωνο M βρίσκεται σε απόσταση 100 cm από την  $\Pi_1$ , κατά μήκος της κάθετης στην  $\Pi_1 \Pi_2$ , και παραμένει ακίνητο.

Καθώς η συχνότητα των ηχητικών κυμάτων των δύο πηγών  $\Pi_1$  και  $\Pi_2$  αυξάνεται σταδιακά, το μικρόφωνο M ανιχνεύει μέγιστα και ελάχιστα της έντασης του ήχου.

(α) Να γράψετε πότε το μικρόφωνο ανιχνεύει ελάχιστα της έντασης του ήχου.

(Μονάδα 1)

Αν η συχνότητα έχει τέτοια τιμή ώστε η διαφορά δρόμου  $\Delta d$  του μικροφώνου από τις δύο πηγές να είναι περιττό πολλαπλάσιο του μισού μήκους κύματος τότε συμβαίνει καταστροφική συμβολή και ανιχνεύεται ελάχιστο.

$$\left[ d_2 - d_1 = (2\nu + 1) \frac{\lambda}{2} \right], \quad \nu = 0, 1, 2, \dots$$

ή

Αν η συχνότητα έχει τέτοια τιμή ώστε τα δύο κύματα να φθάνουν στο σημείο που βρίσκεται το μικρόφωνο με διαφορά φάσης ίση με περιττό πολλαπλάσιο του  $\pi$ .

$$[\Delta\varphi = (2\nu + 1)\pi], \quad \nu = 0, 1, 2, \dots$$

1 μον.

(β) Η ταχύτητα του ήχου στον αέρα είναι  $340 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ . Να προσδιορίσετε τον αριθμό των ελαχίστων, που θα ανιχνευθούν από το μικρόφωνο Μ, καθώς η συχνότητα του ήχου των πηγών αυξάνεται σταδιακά από 1,0 kHz σε 4,0 kHz.

(Μονάδες 4)

$x_1 = 100 \text{ cm},$ $\Delta d = x_2 - x_1 = \sqrt{x_1^2 + (\Pi_1 \Pi_2)^2} - x_1 = \sqrt{(100 \text{ cm})^2 + (80 \text{ cm})^2} - 100 \text{ cm}$ $= 28 \text{ cm}$ <b>[1 μον.]</b> Η ποσότητα $\frac{v}{2(d_2 - d_1)} = \frac{340 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{2 \times 0,28 \text{ m}} = 607 \text{ Hz}$ <b>[1 μον.]</b> Αφού $f = (2\nu + 1) \frac{v}{2(d_2 - d_1)}$ συνεπάγεται ότι $1000 \text{ Hz} \leq (2\nu + 1)(607 \text{ Hz}) \leq 4000 \text{ Hz}$ <b>[1 μον.]</b> Από εδώ προκύπτει ότι $\nu = 1$ και $\nu = 2$ . <b>[1 μον.]</b> Άρα θα παρατηρηθούν 2 ελάχιστα.	<b>4 μον.</b>
---	---------------

4. Η ένταση του ήχου, που παράγεται από ένα σφυρί όταν αυτό σπάει τσιμέντο, ισούται με  $2,0 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$  σε απόσταση 2,0 m από το σημείο της πρόσκρουσης του σφυριού πάνω στο τσιμέντο.

(α) Να υπολογίσετε την ένταση του ήχου σε απόσταση 50,0 m από το σημείο πρόσκρουσης του σφυριού στο τσιμέντο.

(Μονάδες 3)

$\frac{I_2(r_2)}{I_1(r_1)} = \frac{r_1^2}{r_2^2} \Rightarrow I_2(r_2) = I_1(r_1) \times \frac{r_1^2}{r_2^2}$ <b>[1 μον.]</b> $\Rightarrow I_2(r_2) = \left(2,0 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}\right) \times \frac{(2,0 \text{ m})^2}{(50 \text{ m})^2}$ <b>[1 μον.]</b> $\Rightarrow I_2(r_2) = 3,2 \times 10^{-3} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$ <b>[1 μον.]</b>	<b>3 μον.</b>
--	---------------

(β) Να υπολογίσετε το επίπεδο έντασης (db) του ήχου στην απόσταση των 50,0 m.

Δίνεται ότι το κατώφλιο ακουστότητας είναι  $I_0 = 1,0 \times 10^{-12} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$ .

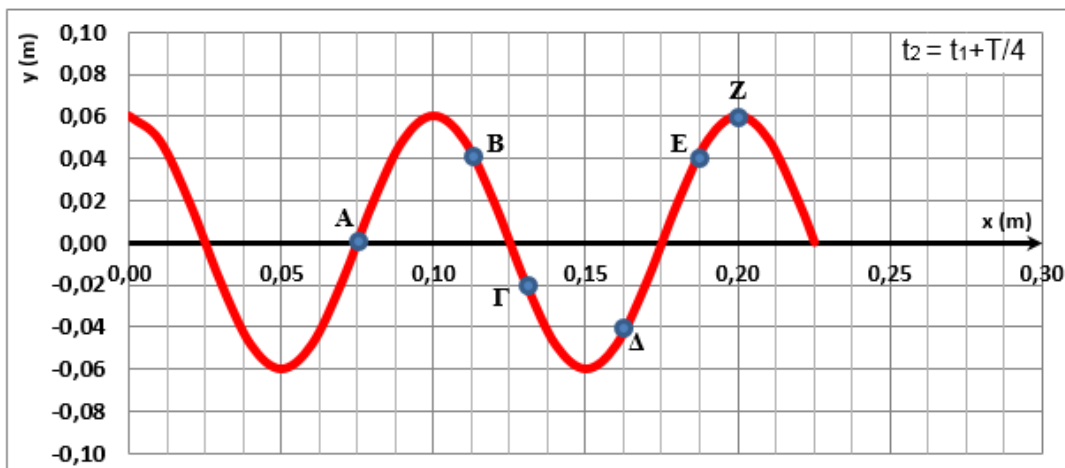
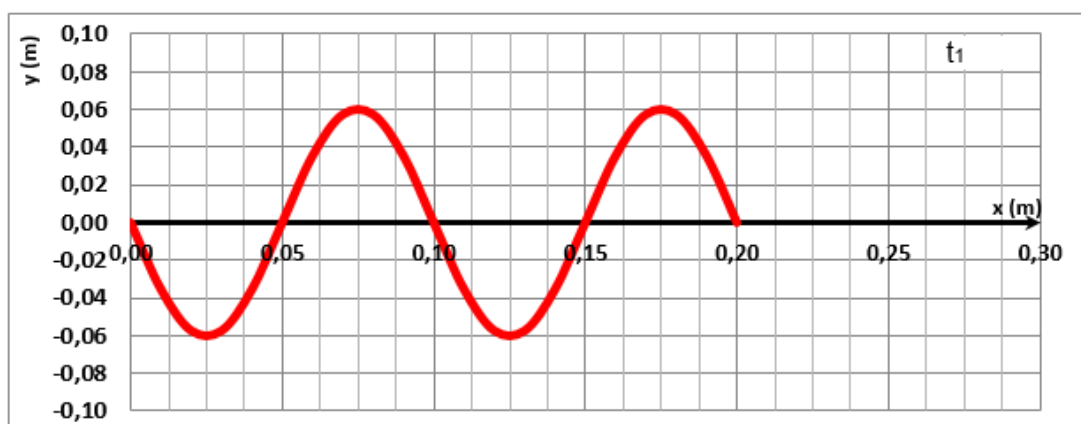
(Μονάδες 2)

$$\beta = 10 \log \left( \frac{I}{I_0} \right) \text{ db} \quad [1 \text{ μον.}]$$

$$\Rightarrow \beta = 10 \log \left( \frac{3,2 \times 10^{-3} \text{ W/m}^2}{1,0 \times 10^{-12} \text{ W/m}^2} \right) \text{ db} = 10 \log (3,2 \times 10^9) \text{ db} = 95 \text{ db} [1 \text{ μον.}]$$

2 μο  
ν  
·

5. Στα πιο κάτω διαγράμματα απεικονίζονται τα στιγμιότυπα ενός τρέχοντος αρμονικού κύματος τις χρονικές στιγμές  $t_1$  και  $t_2 = t_1 + T/4$ . Η πηγή άρχισε να εκτελεί κατακόρυφη ΑΑΤ τη χρονική στιγμή  $t = 0$  s.



Η περίοδος ταλάντωσης των σημείων του υλικού μέσου είναι 0,8 s.

(α) Να υπολογίσετε τη χρονική στιγμή  $t_2$ .

$$t_2 = 2T + T/4 = 9T/4 = 1,8 \text{ s}$$

Μονάδα 1

(β) Να προσδιορίσετε ποιο σημείο του υλικού μέσου (Α, Β, Γ, Δ, Ε και Ζ) έχει:

i. τη μεγαλύτερη αλγεβρική τιμή ταχύτητας στην ταλάντωσή του.

<b>Το σημείο Γ</b>	<b>Μονάδα 1</b>
--------------------	-----------------

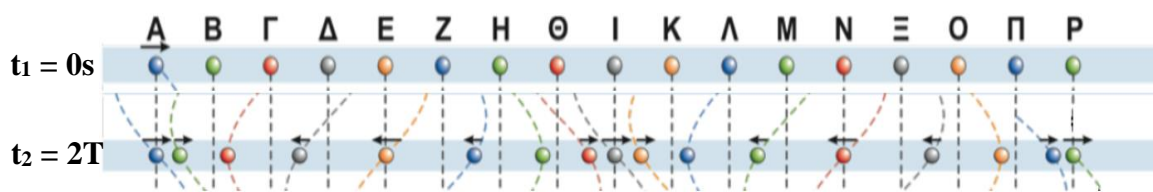
ii. τη μικρότερη αλγεβρική τιμή ταχύτητας στην ταλάντωσή του.

<b>Το σημείο Α</b>	<b>Μονάδα 1</b>
--------------------	-----------------

(γ) Στο χρονικό διάστημα  $0 \leq t \leq 3,6 \text{ s}$  να υπολογίσετε τη συνολική κατακόρυφη διανυόμενη απόσταση του σημείου Ζ.

$\Delta t = 3,6 \text{ s} \rightarrow \Delta t = 4,5 \text{ T}$ Το σημείο ταλαντώνεται για $\Delta t = 4,5 \text{ T} - 2\text{T} = 2,5 \text{ T}$ .	<b>Μονάδα 1</b>
$S = 2,5 (4y_0) = 10 y_0$ $S = 0,60 \text{ m}$	<b>Μονάδα 1</b>

6. Στο πιο κάτω σχήμα απεικονίζονται τα σωματίδια Α μέχρι Ρ ενός μονοδιάστατου μέσου, κατά μήκος του οποίου διαδίδεται ένα διάμηκες κύμα, τις χρονικές στιγμές  $t_1 = 0 \text{ s}$  και  $t_2 = 2\text{T}$ . Τη χρονική στιγμή  $t_1 = 0 \text{ s}$  όλα τα σωματίδια του μέσου βρίσκονται στις θέσεις ισορροπίας τους.



(  
α)  
Να  
πρ

οσδιορίσετε ποια σημεία του μονοδιάστατου μέσου, τη χρονική στιγμή  $t_2 = 2\text{T}$ :  
i. βρίσκονται στο κέντρο πυκνώματος.

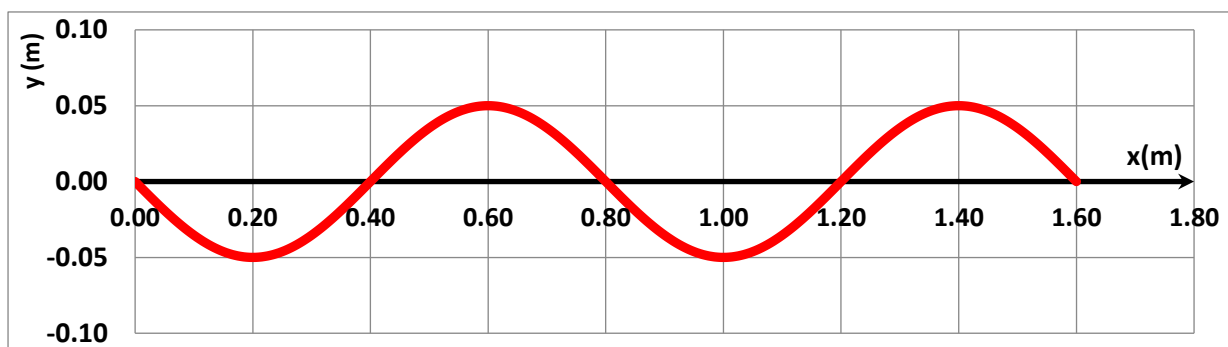
<b>Τα σημεία Α, Ι και Ρ.</b>	<b>Μονάδα 1</b>
------------------------------	-----------------

i. βρίσκονται στα άκρα αραιώματος.

<b>Τα σημεία Γ, Η και Λ, Ο.</b>	<b>Μονάδα 1</b>
---------------------------------	-----------------

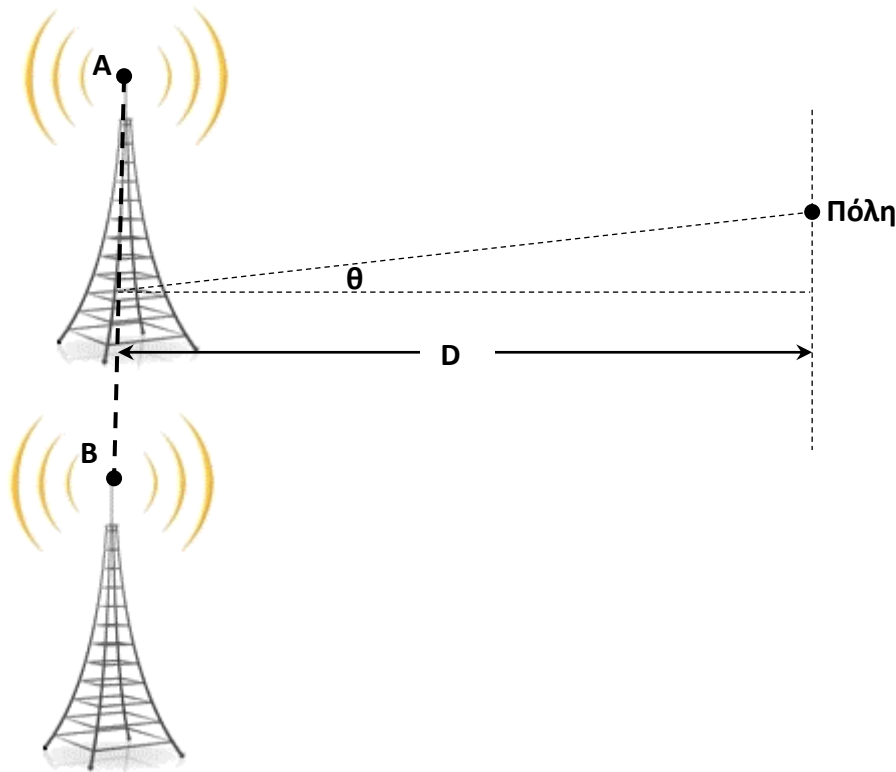
(β) Η απόσταση μεταξύ των σωματιδίων Α και Ε είναι  $0,40 \text{ m}$  και η μέγιστη μετατόπιση του κάθε σωματιδίου από τη θέση ισορροπίας είναι  $0,05 \text{ m}$ . Να σχεδιάσετε σε βαθμολογημένους άξονες το στιγμιότυπο του κύματος τη χρονική στιγμή  $t_2 = 2\text{T}$ .

<b>Ορθή ονομασία αξόνων - Μονάδες Μέτρησης σε άξονες</b>	<b>Μονάδα 1</b>
<b>Ορθή βαθμονόμηση των Αξόνων</b>	<b>Μονάδα 1</b>
<b>Μορφή της γραφικής Παράστασης (Πλάτος - Μήκος Κύματος)</b>	<b>Μονάδα 1</b>





7. Ένα ραδιοφωνικός σταθμός χρησιμοποιεί δύο πανομοιότυπους πομπούς Α και Β, που απέχουν μεταξύ τους κατά  $\alpha = 3 \text{ km}$  όπως φαίνεται στο πιο κάτω σχήμα.



Οι πομποί λειτουργούν σαν σύμφωνες πηγές που παράγουν κύματα συχνότητας  $1,50 \text{ MHz}$ . Σε αρκετά μεγάλη απόσταση από τις κεραίες σε γωνία  $\theta$  ως προς τη μεσοκάθε

το στο ευθύγραμμο τμήμα AB, βρίσκεται μία πόλη.

(α) Να αναφέρετε σε ποια κατηγορία κυμάτων ανήκουν τα ραδιοκύματα.

(β) Να υπολογίσετε το μήκος κύματος των ραδιοκυμάτων.

**Ηλεκτρομαγνητικά Κύματα**

**Μονάδα 1**

$$c = \lambda \cdot f \rightarrow \lambda = \frac{(3 \cdot 10^8 \frac{m}{s})}{(1,5 \cdot 10^6 \text{ Hz})}$$

**Μονάδα 1**

$$\lambda = 200 \text{ m}$$

**Μονάδα 1**

(γ) Να υπολογίσετε την τιμή της μικρότερης μη μηδενικής γωνίας  $\theta$  ώστε η πόλη να λαμβάνει ισχυρό ραδιοφωνικό σήμα.

$$\eta \mu \theta = \frac{\lambda}{\alpha} \rightarrow \eta \mu \theta = 1 \frac{200 \text{ m}}{3000 \text{ m}} \rightarrow \eta \mu \theta = 0,0667$$

**Μονάδα 1**

$\theta = 3,82^\circ$ ή $\theta = 0,0667 \text{ rad}$	Μονάδα 1
Ένας αγωγός δέχεται ηλεκτρομαγνητική δύναμη όταν διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα και βρίσκεται μέσα σε μαγνητικό πεδίο.	Μονάδα 1

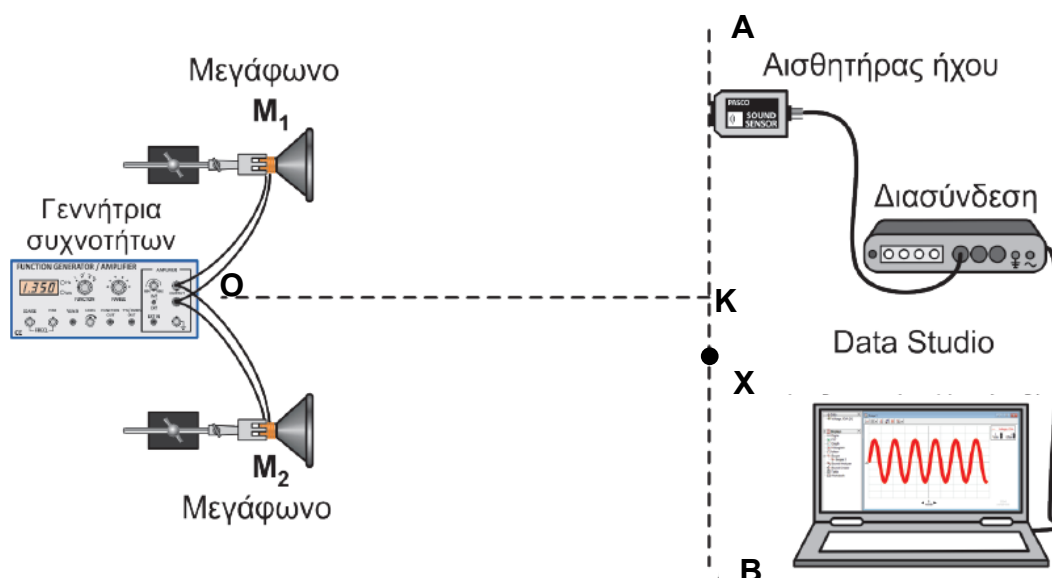
8. (α) Να γράψετε ποιο φαινόμενο ονομάζεται συμβολή κυμάτων.

Ορθός Ορισμός: Συμβολή είναι το φαινόμενο της συνάντησης δύο ή περισσότερων κυμάτων της ίδιας φύσης.	Μονάδα 1
--	----------

(β) Να διατυπώσετε τη συνθήκη ενισχυτικής συμβολής.

Όταν η διαφορά των αποστάσεων του σημείου από τις δύο πηγές είναι ακέραιο πολλαπλάσιο του μήκους κύματος τότε το σημείο είναι σημείο ενισχυτικής συμβολής με την προϋπόθεση οι δύο πηγές είναι σύμφωνες της ίδιας φάσης.	Μονάδα 1
--	----------

(γ) Τα δύο μεγάφωνα του πιο κάτω σχήματος λειτουργούν σαν σύμφωνες πηγές που παράγουν τρέχοντα αρμονικά ηχητικά κύματα.



ι. Να εξηγήσετε τι καταγράφει ο αισθητήρας ήχου καθώς κινείται κατά μήκος της ευθείας:

α/ OK η οποία αποτελεί τη μεσοκάθετο της ευθείας που ενώνει τα δύο μεγάφωνα  $M_1$  και  $M_2$ .

Θα καταγράφει πάντα μέγιστα.	Μονάδα 1
Είναι η μεσοκάθετος και αποτελεί την κεντρική υπερβολή ενίσχυσης $\Delta\chi = 0$ .	Μονάδα 1

β/ AB η οποία είναι παράλληλη στην ευθεία που ενώνει τα δύο μεγάφωνα  $M_1$  και  $M_2$ .

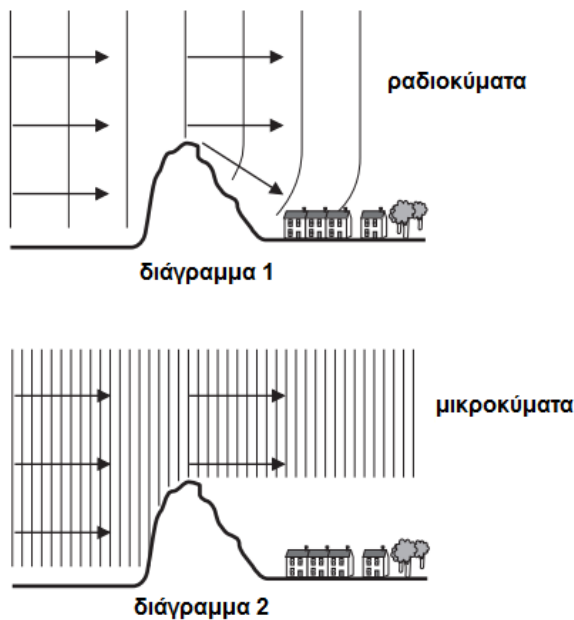
Θα καταγράφει αυξομειώσεις της έντασης του ήχου.	Μονάδα 1
Όταν διέρχεται από σημεία των υπερβολών ενίσχυσης θα καταγράφει μέγιστες τιμές της έντασης του ήχου.	Μονάδα 1
Όταν διέρχεται από σημεία των υπερβολών απόσβεσης θα	Μονάδα 1

καταγράφει ελάχιστες τιμές της έντασης του ήχου.	
--	--

ii. Το σημείο Χ απέχει από το μεγάφωνο M<sub>1</sub> απόσταση 2,50 m και από το μεγάφωνο M<sub>2</sub> απόσταση 2,16 m. Αν η ταχύτητα του ήχου είναι 343 m/s να υπολογίσετε τις δυνατές συχνότητες στο διάστημα από 100 Hz ≤ f ≤ 2600 Hz που πρέπει να έχει ο παραγόμενος ήχος για να έχουμε ενισχυτική συμβολή στο σημείο Χ.

$d_2 - d_1 = n\lambda \rightarrow d_2 - d_1 = n \frac{v}{f} \rightarrow f = n(\frac{v}{d_2 - d_1})$	Μονάδα 1
$f = n(\frac{343 \frac{m}{s}}{2,50 \text{ m} - 2,16 \text{ m}}) \rightarrow f = n(\frac{343}{0,34})s^{-1}$	Μονάδα 1
$n = 1 \rightarrow f = 1(\frac{343}{0,34}) = 1009 \text{ Hz}$ $n = 2 \rightarrow f = 2(\frac{343}{0,34}) = 2018 \text{ Hz}$	Μονάδα 1

9. Α. Τα πιο κάτω διαγράμματα απεικονίζουν τη διέλευση ραδιοκυμάτων και μικροκυμάτων πίσω από έναν λόφο.



(α) Με βάση τα σχήματα, να περιγράψετε τι επίδραση έχει ο λόφος στη διέλευση των ραδιοκυμάτων και των μικροκυμάτων. Να κατονομάσετε το φαινόμενο που παρατηρείται στα ραδιοκύματα. (2 μονάδες)

Όταν τα ραδιοκύματα περνούν από το λόφο μεταβάλλεται η διεύθυνση διάδοσης τους, ενώ τα μικροκύματα	Μονάδες 2
--	-----------

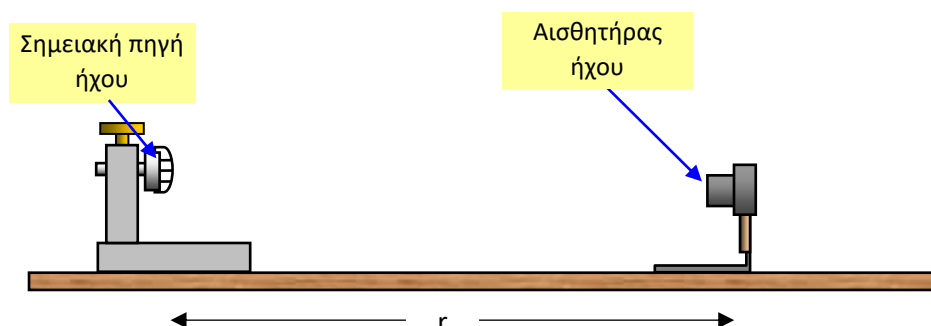
διατηρούν την αρχική διεύθυνση. <b>[1 μον.]</b>	
Η μεταβολή της διεύθυνσης διάδοσης των ραδιοκυμάτων κατά την πρόσπτωση τους στο λόφο ονομάζεται περίθλαση. <b>[1 μον.]</b>	

**(β)** Να εξηγήσετε γιατί, στη συγκεκριμένη περίπτωση, το φαινόμενο αυτό παρατηρείται στα ραδιοκύματα και δεν παρατηρείται στα μικροκύματα.

**(1 μονάδα)**

Στα ραδιοκύματα το φαινόμενο της περίθλασης παρατηρείται, γιατί το μήκος κύματος είναι συγκρίσιμο με το μέγεθος του λόφου.	<b>Μονάδα 1</b>
--	-----------------

**B.** Σε ένα πείραμα μέτρησης της έντασης του ήχου σαν συνάρτηση της απόστασης από μία σημειακή πηγή, χρησιμοποιήθηκε η πιο κάτω πειραματική διάταξη.



Οι μαθητές κατέγραψαν την ένταση του ήχου σε διάφορες αποστάσεις από την πηγή. Οι τιμές, που σημείωσαν, ακολουθούσαν τη θεωρητική σχέση της έντασης κύματος, ως συνάρτηση της απόστασης από την πηγή. Σε απόσταση  $r = 0,5\text{m}$  από την πηγή οι μαθητές μέτρησαν τιμή έντασης του ήχου  $I = 1,2 \times 10^{-9} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$ .

**(α)** Να υπολογίσετε την τιμή της έντασης που μέτρησαν σε απόσταση  $r = 2,0\text{m}$

**(1 μονάδα)**

$I_2 = I_1 \left( \frac{r_1}{r_2} \right)^2 = 1,2 \times 10^{-9} \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \times \left( \frac{0,5\text{m}}{2,0\text{m}} \right)^2 = 7,5 \times 10^{-11} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$	<b>Μονάδα 1</b>
---	-----------------

(β) Να υπολογίσετε τη διαφορά στο επίπεδο της έντασης του ήχου σε db, στις δύο αποστάσεις.

(1 μονάδα)

)

10. Ο Πέτρος τοποθέτησε δύο ηχεία, το ένα απέναντι από το άλλο, σε απόσταση 12,0m. Τα σύνδεσε στην ίδια γεννήτρια ήχου (συχνοτήτων), την ρύθμισε στην τιμή 85,0Hz και την έθεσε σε λειτουργία. Μετά περπάτησε με σταθερή ταχύτητα 0,80m/s σε ευθεία γραμμή από το ένα ηχείο στο άλλο.

(α) Να προσδιορίσετε από πόσες θέσεις μεγίστων της έντασης του ήχου πέρασε κατά τη διαδρομή του. Η ταχύτητα του ήχου στον αέρα είναι ίση με 340m/s.

(3 μονάδες)

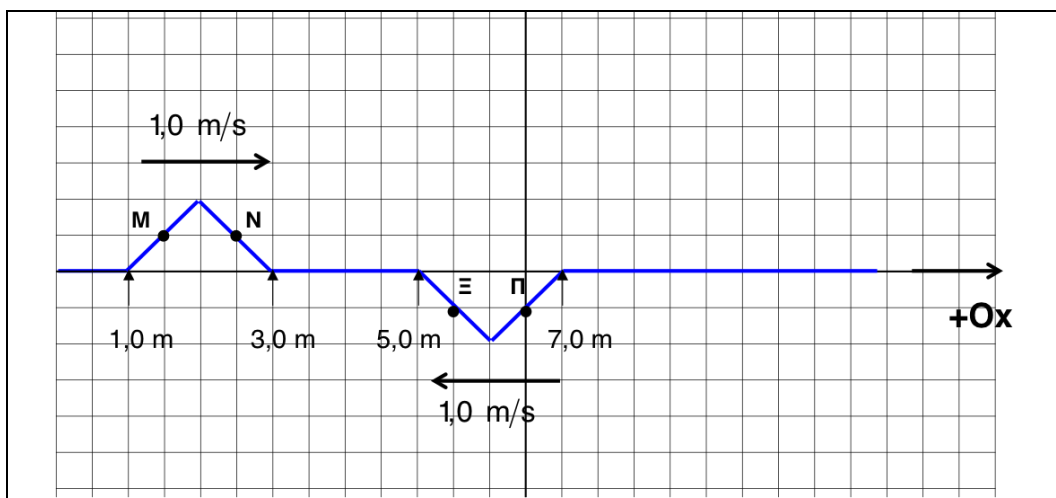
$\beta_2 - \beta_1 = 10 \log \left( \frac{I_2}{I_1} \right) = 10 \log \left( \frac{1,2 \times 10^{-9} \text{ W/m}^2}{7,5 \times 10^{-11} \text{ W/m}^2} \right) = 12 \text{ db}$	<b>Μονάδα 1</b>
<p>Οι θέσεις <math>x</math> των μεγίστων (ενισχυτική συμβολή) της έντασης του ήχου, μεταξύ των δύο σύμφωνων ηχείων που απέχουν απόσταση <math>L</math> ικανοποιούν τη σχέση:</p> $d_2 - d_1 = n\lambda = (L - x) - x = L - 2x \Rightarrow x = \frac{L - 2x}{2}, \quad 0 < x < L$ <p>Ο αριθμός των μεγίστων της έντασης του ήχου ισούται με το πλήθος των επιτρεπτών τιμών του ακεραίου <math>n</math>.</p>	<b>Μονάδες 3</b>

$-L/\lambda < \nu < L/\lambda, \text{ όπου } \frac{L}{\lambda} = \frac{Lf}{v_{\eta\chi\sigma\nu}} = \frac{12,0 \text{ m} \times 85,0 \text{ Hz}}{340 \text{ m/s}} = 3$ <p style="text-align: right;"><b>[1 μον.]</b></p> <p><math>-3 &lt; \nu &lt; 3 \Rightarrow \nu = 0, \pm 1, \pm 2.</math> <b>[1 μον.]</b></p> <p>Επομένως ο Πέτρος, περπατώντας από το ένα ηχείο στο άλλο εντοπίζει 5 μέγιστα της έντασης του ήχου. <b>[1 μον.]</b></p>	
--	--

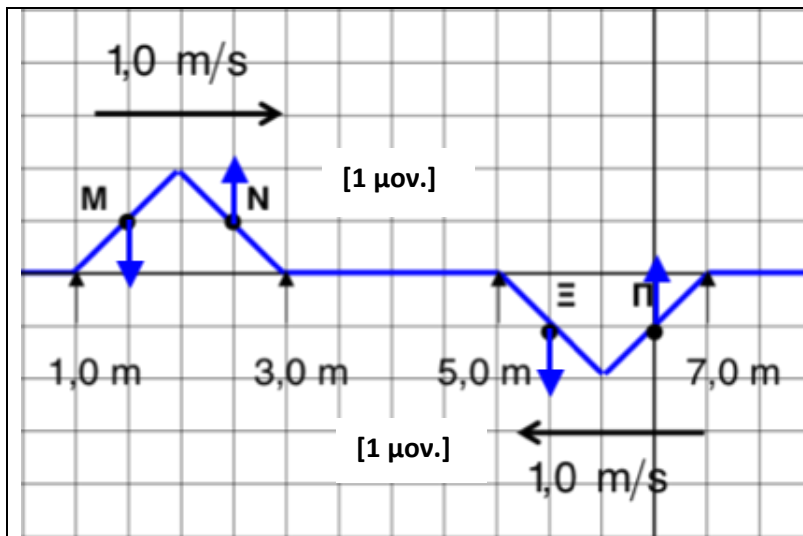
**(β)** Να υπολογίσετε τον χρόνο που χρειάστηκε ο Πέτρος να περπατήσει από ένα σημείο μέγιστης έντασης του ήχου μέχρι το επόμενο. **(2 μονάδες)**

$ x_{\nu+1} - x_{\nu}  = \left  \left( \frac{L}{2} - (\nu + 1) \frac{\lambda}{2} \right) - \left( \frac{L}{2} - \nu \frac{\lambda}{2} \right) \right  = \left  -\frac{\lambda}{2} \right  = \frac{\lambda}{2}$ <p style="text-align: right;"><b>[1 μον.]</b></p> $\Delta t = \frac{ x_{\nu+1} - x_{\nu} }{v_{\Pi}} = \frac{\lambda/2}{v_{\Pi}} = \frac{v_{\eta\chi\sigma\nu}}{2v_{\Pi}f} = \frac{340 \text{ m/s}}{2 \times 0,80 \text{ m/s} \times 85,0 \text{ Hz}}$ <p style="text-align: center;"><math>= 2,5 \text{ s}</math></p> <p style="text-align: right;"><b>[1 μον.]</b></p>	<b>Μονάδες 2</b>
--	------------------

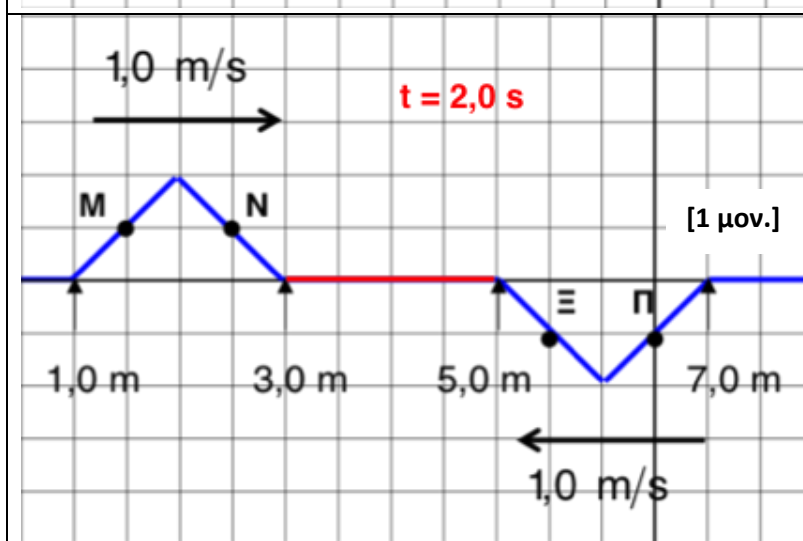
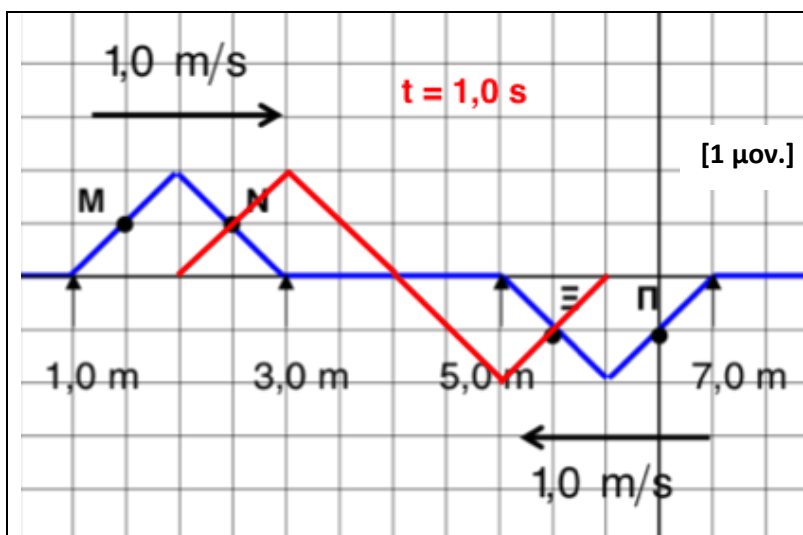
- 11.** Δύο συμμετρικοί παλμοί διαδίδονται σε αντίθετες κατευθύνσεις κατά μήκος ενός τεντωμένου σχοινιού. Στο επόμενο σχήμα απεικονίζεται το στιγμιότυπο τη χρονική στιγμή  $t_0 = 0,0 \text{ s}$ .



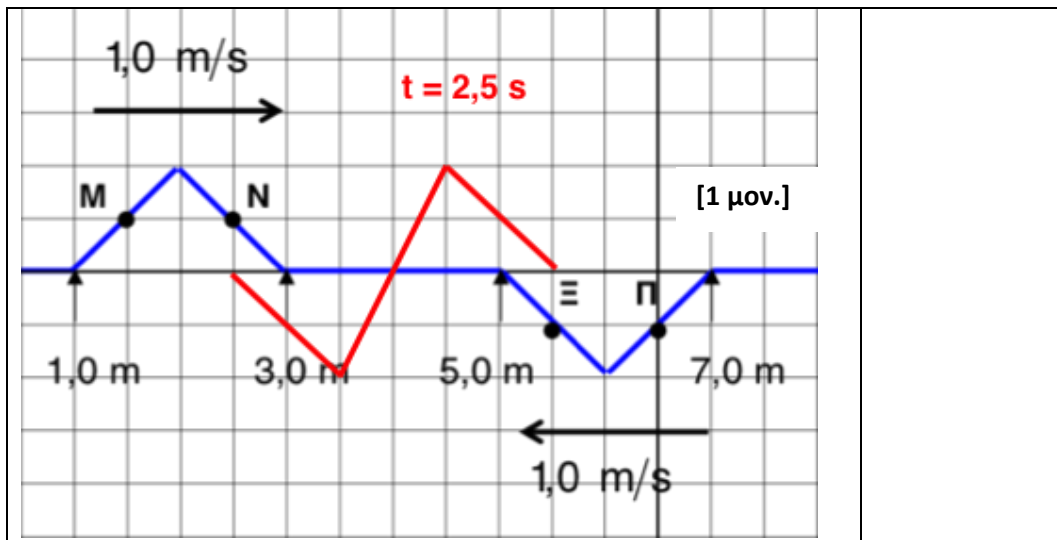
**(α)** Να αντιγράψετε το σχήμα στο τετραγωνισμένο χαρτί του τετραδίου σας, και να σχεδιάσετε (σχηματικά) την κατεύθυνση της ωκότητας στα σημεία M, N, Ξ και Π των παλμών. **(2 μονάδες)**



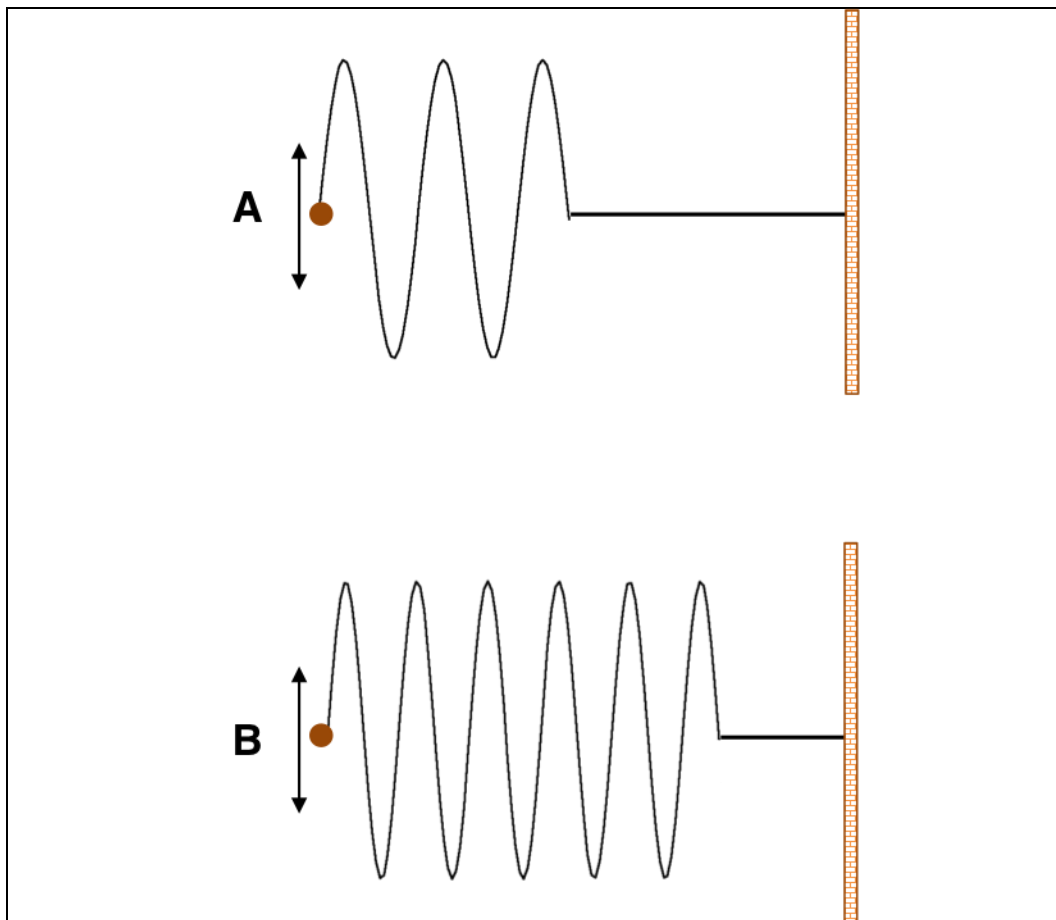
**(β)** Να σχεδιάσετε το στιγμιότυπο τις χρονικές στιγμές  $t_1 = 1,0\text{s}$ ,  $t_2 = 2,0\text{s}$  και  $t_3 = 2,5\text{s}$ . **(3 μονάδες)**







12. **A.** Δύο πανομοιότυπα σχοινιά είναι στερεωμένα από το δεξί τους άκρο σε ακλόνητο τοίχο. Τα αριστερά άκρα των σχοινιών **A** και **B** είναι ελεύθερα. Δύο άνθρωποι κρατούν τα σχοινιά τεντωμένα από τα **A** και **B** και αρχίζουν να τα κινούν την ίδια χρονική στιγμή  $t = 0$ , παράγοντας εγκάρσια κύματα. Το σχήμα δείχνει στιγμιότυπα των δύο κυμάτων τη μεταγενέστερη χρονική στιγμή  $t = t_1$ .



Με βάση τα στιγμιότυπα των δύο κυμάτων, να εξηγήσετε:

(α) ποιο από τα δύο σχοινιά είναι τεντωμένο με μεγαλύτερη δύναμη.

(2 μονάδες)

<p>Η ταχύτητα διάδοσης του κύματος στο σχοινί με το άκρο Β, είναι μεγαλύτερη γιατί στο ίδιο χρονικό διάστημα έχει διανύσει μεγαλύτερη απόσταση από το κύμα στο σχοινί με το άκρο Α.</p> <p style="text-align: right;"><b>[1 μον.]</b></p> <p>Επειδή τα σχοινιά είναι πανομοιότυπα, και η ταχύτητα διάδοσης του κύματος στο σχοινί είναι ανάλογη της <math>\sqrt{F}</math>, το σχοινί με το άκρο Β, τείνεται με μεγαλύτερη δύναμη. <b>[1 μον.]</b></p>	<b>Μονάδες 2</b>
---	------------------

(β) ποιο από τα δύο κύματα έχει μεγαλύτερη συχνότητα.

(1 μονάδα)

<p>Η συχνότητα του κύματος στο σχοινί με το άκρο Β, είναι μεγαλύτερη γιατί στο ίδιο χρονικό διάστημα το άκρο Β έχει ολοκληρώσει 5 ταλαντώσεις (κύκλους) ενώ το άκρο Α στο άλλο σχοινί 2 ταλαντώσεις.</p>	<b>Μονάδα 1</b>
--	-----------------

**Β.** Ένας μαθητής δένει ένα μακρύ σχοινί σε έναν τοίχο από τη μία άκρη του και το κρατά οριζόντιο και τεντωμένο από την ελεύθερη άκρη του Α. Τη χρονική στιγμή  $t = 0$  ο μαθητής αρχίζει να κινεί το χέρι του προς τα πάνω και θέτει την ελεύθερη άκρη Α του σχοινιού σε κατακόρυφη ΑΑΤ με συχνότητα  $3,00\text{Hz}$ . Η απόσταση ανάμεσα στο μέγιστο και το ελάχιστο ύψος της ελεύθερης άκρης είναι  $0,60\text{m}$ . Η ταχύτητα διάδοσης του κύματος είναι  $30,0\text{cm/s}$ .

(α) Να προσδιορίσετε το μήκος κύματος του κύματος.

(1 μονάδα)

$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{30,0\text{cm/s}}{3,00\text{Hz}} = 10,0\text{cm}$	<b>Μονάδα 1</b>
---	-----------------

(β) Να γράψετε την εξίσωση του τρέχοντος αρμονικού κύματος, που παράγεται από την άκρη Α.

(2 μονάδες)

$y(x,t) = y_0 \eta \mu \left[ 2\pi \left( \frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right) \right]$	
--	--

$y_0 = \frac{0,60\text{m}}{2} = 0,30\text{m}$ [1 μον.] $\Rightarrow y(x,t) = (0,30\text{m})\eta\mu\left[2\pi\left(\frac{t}{0,333\text{s}} - \frac{x}{0,100\text{m}}\right)\right]$ [1 μον.]	Μονάδες 2
--	-----------

(γ) Ένα σημείο Κ του σχοινιού βρίσκεται σε απόσταση 21,0cm από το άκρο Α. Να γράψετε την εξίσωση της ΑΑΤ που εκτελεί το σημείο Κ και να προσδιορίσετε την κατακόρυφη θέση του σημείου Κ τη χρονική στιγμή  $t = 2,8\text{s}$ .

(2 μονάδες)

$y(x = 0,21\text{ m}, t) = (0,30\text{ m})\eta\mu\left[2\pi\left(\frac{t}{0,333\text{ s}} - \frac{0,210\text{ m}}{0,100\text{ m}}\right)\right]$ $y(t) = (0,30\text{ m})\eta\mu\left(6\pi \frac{\text{rad}}{\text{s}} t - 4,20\pi \text{ rad}\right)$ [1 μον.] $y(t = 2,8\text{ s}) = (0,30\text{ m})\eta\mu\left(6\pi \frac{\text{rad}}{\text{s}} \times 2,8\text{ s} - 4,20\pi \text{ rad}\right)$ $\Rightarrow y = (0,30\text{ m})\eta\mu(12,6\pi \text{ rad})$ $= 0,29\text{ m}$ [1 μον.]	Μονάδες 2
---	-----------

(δ) Να γράψετε πώς θα είχε μεταβληθεί η απάντηση στο ερώτημα (β) (η εξίσωση του τρέχοντος αρμονικού κύματος), εάν ο μαθητής είχε θέσει το άκρο Α σε κατακόρυφη ΑΑΤ με το ίδιο πλάτος αλλά συχνότητα 6,00Hz.

(2 μονάδες)

$y'(x,t) = y'_0\eta\mu\left[2\pi\left(\frac{t}{T'} - \frac{x}{\lambda'}\right)\right]$ $y'_0 = y_0, \quad T' = T/2,$ $v' = v \Rightarrow \lambda'f' = \lambda f \Rightarrow \lambda' = \lambda(f/2f) = \lambda/2$ } [1 μον.] Άρα η εξίσωση του κύματος θα είναι: $\Rightarrow y(x,t) = (0,30\text{m})\eta\mu\left[2\pi\left(\frac{2t}{0,333\text{s}} - \frac{2x}{0,100\text{m}}\right)\right]$ [1 μον.]	Μονάδες 2
---	-----------

13. Α. Σε ένα πείραμα Young χρησιμοποιείται μία μονοχρωματική πηγή ορατού φωτός. Ο πρώτος κροσσός ενισχυτικής συμβολής παρατηρείται σε αποστάσεις

$d_1$  και  $d_2$  από τις σχισμές της διάταξης Young.

(α) Να επιλέξετε μία πιθανή τιμή της διαφοράς των αποστάσεων  $|d_1 - d_2|$  από τις πιο

κάτω τιμές.

(i)  $5 \times 10^{-3} \text{ m}$ , (ii)  $5 \times 10^{-5} \text{ m}$ , (iii)  $5 \times 10^{-7} \text{ m}$ , (iv)  $5 \times 10^{-9} \text{ m}$ . (1 μονάδα)

(iii) $5 \times 10^{-7} \text{ m}$ .	Μονάδα 1
--------------------------------------	----------

(β) Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

(1 μονάδα)

Για πολύ μικρά μήκη κύματος, όπως του ορατού φωτός, η διαφορά των αποστάσεων $d_1$ και $d_2$ από τις σχισμές της διάταξης Young είναι πολύ μικρή και συγκρίσιμη με το μήκος κύματος.	Μονάδα 1
--	----------

**B.** Σε ένα πείραμα Young χρησιμοποιούνται εναλλάξ τρεις διαφορετικές μονοχρωματικές πηγές φωτός. Τα μήκη κύματος κάποιων από τις πηγές και οι αποστάσεις μεταξύ διαδοχικών κροσσών ενισχυτικής συμβολής καταγράφονται στον πιο κάτω πίνακα.

Πηγή	Μήκος κύματος της πηγής (nm)	Απόσταση μεταξύ διαδοχικών κροσσών ενισχυτικής συμβολής (mm)
<b>A</b>	404,4	0,8088
<b>B</b>	610,4	
<b>Γ</b>		1,100

(α) Να υπολογίσετε τις τιμές που αντιστοιχούν στα κενά στοιχεία του πίνακα.

(2 μονάδες)

$\frac{x}{D} = \frac{\nu\lambda}{\alpha} \Rightarrow x_{\nu+1} - x_{\nu} = D \frac{\lambda}{\alpha} \Rightarrow \frac{D}{\alpha} = \frac{x_{\nu+1} - x_{\nu}}{\lambda}$ $\Rightarrow \frac{D}{\alpha} = \frac{(x_{\nu+1} - x_{\nu})_A}{\lambda_A} = \frac{0,8088 \times 10^{-3} \text{ m}}{404,4 \times 10^{-9} \text{ m}} = 2000,$ $(x_{\nu+1} - x_{\nu})_B = \left( \frac{D}{\alpha} \right) \times \lambda_B = 2000 \times 610,4 \times 10^{-9} \text{ m} = 1,221 \text{ mm}$ <p style="text-align: right;"><b>[1 μον.]</b></p>	Μονάδες 2
--	-----------

$\lambda_T = \left(\frac{\alpha}{D}\right) \times (x_{\nu+1} - x_\nu)_B = 0,5 \times 10^{-3} \times 1,100 \text{ mm} = 550,0 \text{ nm}$ <p style="text-align: right;"><b>[1 μον.]</b></p>	
--	--

**(β)** Η απόσταση μεταξύ των σχισμών του πειράματος είναι 0,20 mm . Να υπολογίσετε την απόσταση  $D$  των σχισμών από το πέτασμα, πάνω στο οποίο σχηματίζονται οι κροσσοί.  
**(1 μονάδα)**

$\frac{D}{\alpha} = 2000, \Rightarrow D = 2000, \times 0,20 \text{ mm} = 0,40 \text{ m}$	<b>Μονάδα 1</b>
--	-----------------

**(γ)** Εάν διπλασιασθεί η απόσταση των σχισμών από το πέτασμα, με ποιον τρόπο θα μεταβληθούν τα πιο κάτω μεγέθη; Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.  
i. οι αποστάσεις μεταξύ διαδοχικών κροσσών ενισχυτικής συμβολής και ii. οι γωνίες, στις οποίες σχηματίζονται οι διάφοροι κροσσοί ενισχυτικής συμβολής.

**(2 μονάδες)**

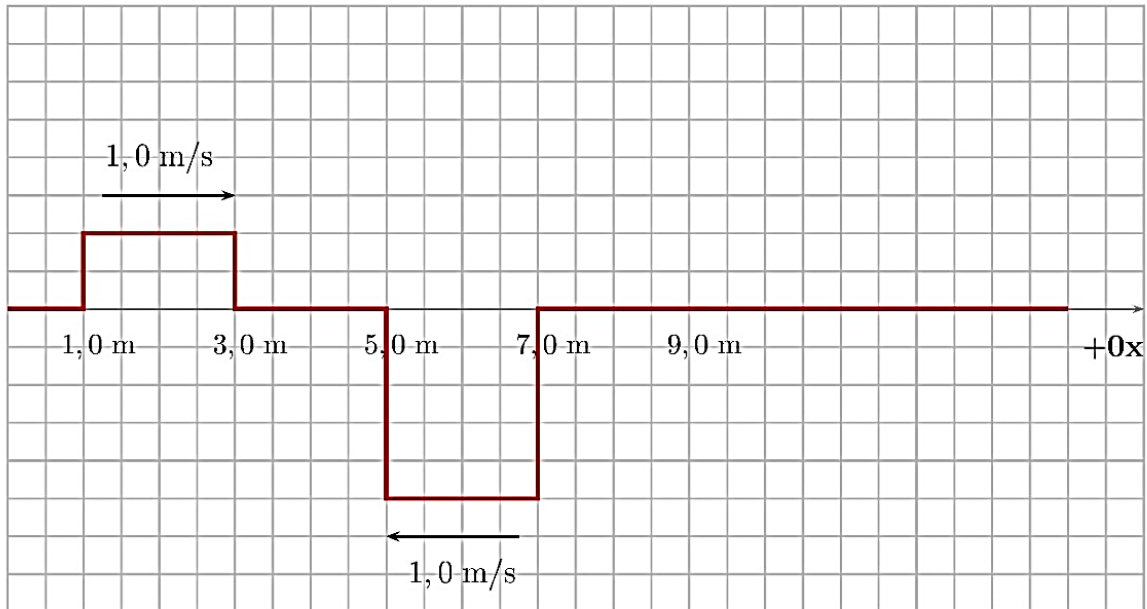
<p>i. Οι αποστάσεις μεταξύ διαδοχικών κροσσιών ενισχυτικής συμβολής θα διπλασιασθούν, γιατί είναι ανάλογες της απόστασης των σχισμών από το πέτασμα. <b>[1 μον.]</b></p> <p>ii. Οι γωνίες στις οποίες σχηματίζονται οι διάφοροι κροσσοί ενισχυτικής συμβολής δεν θα μεταβληθούν, γιατί είναι ανεξάρτητες της απόστασης των σχισμών από το πέτασμα.</p> <p style="text-align: right;"><b>[1 μον.]</b></p>	<b>Μονάδες 2</b>
--	------------------

**(δ)** Εάν χρησιμοποιήσουμε πηγή λευκού φωτός στη διάταξη Young, παρατηρούμε ότι σχηματίζεται ένας λευκός κεντρικός κροσσός ενισχυτικής συμβολής, και κροσσοί ενισχυτικής συμβολής πρώτης τάξης με διαφορετικά χρώματα. Να κατατάξετε τους κροσσούς ενισχυτικής συμβολής πρώτης τάξης με κόκκινο, πράσινο και μπλε χρώμα κατά αύξουσα απόσταση από τον κεντρικό λευκό κροσσό. Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.  
**(3 μονάδες)**

$x_{\nu=1, \text{χρώμα}} = D \frac{\lambda_{\text{χρώμα}}}{\alpha} \quad \text{[1 μον.]}$ $\lambda_{\text{κοκκ.}} > \lambda_{\text{πρασ.}} > \lambda_{\text{μπλε}} \quad \text{[1 μον.]}$ $\Rightarrow x_{1, \text{μπλε}} < x_{1, \text{πρασ.}} < x_{1, \text{κοκκ.}} \quad \text{[1 μον.]}$	<b>Μονάδες 3</b>
--	------------------

--	--

- 14.(α) Δύο ορθογώνιοι παλμοί διαδίδονται σε αντίθετες κατευθύνσεις κατά μήκος ενός τεντωμένου σχοινιού. Στο επόμενο σχήμα απεικονίζεται το στιγμιότυπο τη χρονική στιγμή  $t_0 = 0$ .

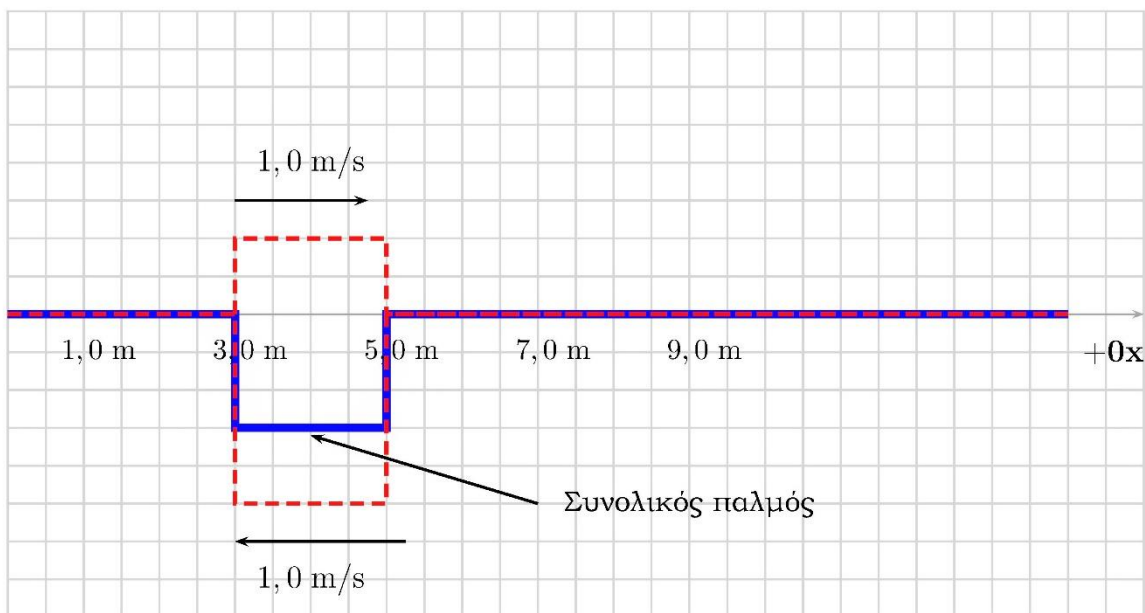


Να σχεδιάσετε στο τετραγωνισμένο χαρτί του τετραδίου απαντήσεών σας τον συνολικό παλμό, που προκύπτει από την υπέρθεση των παλμών, τη χρονική στιγμή  $t_1 = 2,0 \text{ s}$ .

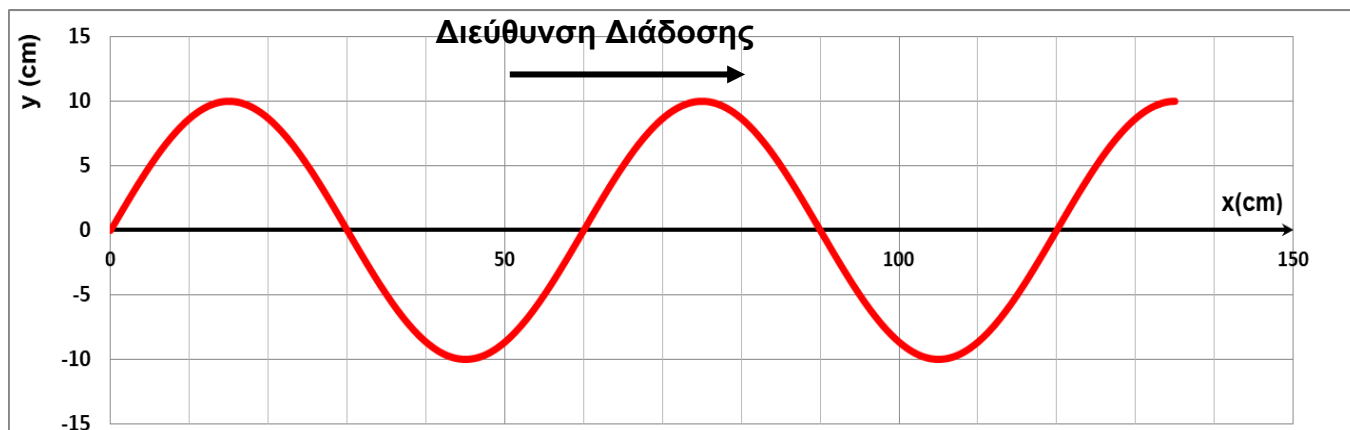
Ορθό αποτέλεσμα υπέρθεσης παλμών [1 μον.]

Ορθή θέση του συνολικού παλμού στον άξονα  $Ox$  [1 μον.]

2 μον.



(β) Ένα εγκάρσιο κύμα ταξιδεύει κατά μήκος μιας τεντωμένης χορδής. Το παρακάτω διάγραμμα δείχνει τη μετατόπιση ενός τμήματος της χορδής τη χρονική στιγμή  $t$ .



i. Να υπολογίσετε την ταχύτητα του κύματος, αν η περίοδός του είναι 0,2 s.

Προσδιορισμός μήκους κύματος

$$\lambda = 0,60 \text{ m} \text{ [1 μον.]}$$

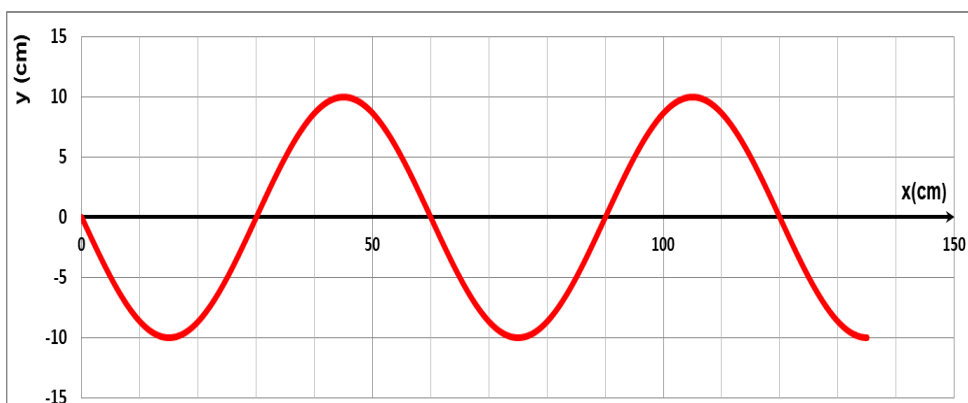
Υπολογισμός ταχύτητας

$$v = \frac{\lambda}{T} = \frac{0,60 \text{ m}}{0,2 \text{ s}} = 3 \frac{\text{m}}{\text{s}} \text{ [1 μον.]}$$

2 μον.

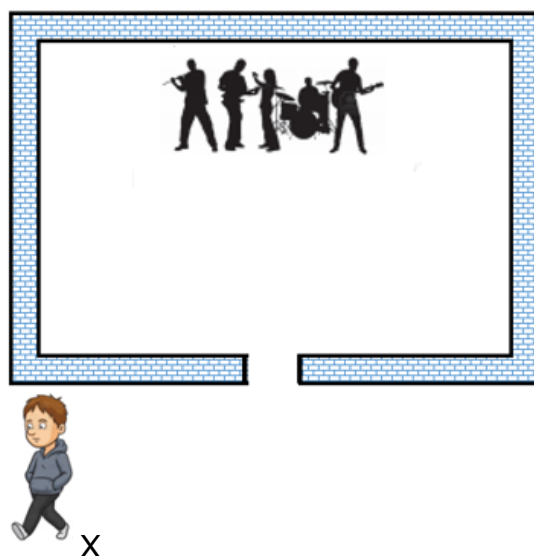
ii. Να σχεδιάσετε το στιγμιότυπο του συγκεκριμένου τμήματος της χορδής μετά από παρέλευση χρόνου 0,1 s από τη χρονική στιγμή του στιγμιότυπου που φαίνεται στο πιο πάνω διάγραμμα.

Ορθή μορφή γραφικής παράστασης



1 μον.

15. (α) Ένα συγκρότημα ηχογραφεί τον νέο του δίσκο σε ηχομονωμένη αίθουσα εγγραφής. Ο ηχολήπτης φεύγει από το δωμάτιο, αφήνοντας την πόρτα ανοικτή, και στέκεται στο σημείο Χ, όπως φαίνεται στο πιο κάτω σχήμα.



Ο ηχολήπτης παρατηρεί ότι οι ήχοι από την κιθάρα, που είναι χαμηλής συχνότητας, ακούγονται πάρα πολύ καλά, ενώ οι ήχοι από το φλάουτο, που είναι υψηλής συχνότητας, ακούγονται ελάχιστα. Να εξηγήσετε τις πιο πάνω παρατηρήσεις του ηχολήπτη.

Οι ήχοι χαμηλής συχνότητας από την κιθάρα έχουν μεγάλο μήκος κύματος ενώ οι ήχοι υψηλής συχνότητας από το φλάουτο έχουν μικρό μήκος κύματος [1 μον.] Ο ηχολήπτης θα ακούει καλύτερα τους ήχους χαμηλής συχνότητας επειδή οι ήχοι μεγάλου μήκους κύματος περιθλώνται [1 μον.] πιο εύκολα σε άνοιγμα συγκεκριμένων διαστάσεων από τους ήχους μικρού μήκους κύματος [1 μον.].	3 μον.
---	--------

(β)  
Τα

δελφίνια έχουν την ικανότητα να εκπέμπουν υπέρηχους, τους οποίους χρησιμοποιούν για να επικοινωνούν μεταξύ τους και για να εντοπίζουν την τροφή τους. Η ένταση του ήχου που εκπέμπει ένα δελφίνι έχει τιμή  $I = 9,95 \times 10^{-10} \frac{W}{m^2}$  σε απόσταση 2 km από αυτό. Να υπολογίσετε την ένταση του ήχου που εκπέμπει το δελφίνι σε απόσταση 8 km από αυτό. Να θεωρήσετε ότι δεν υπάρχει απορρόφηση του ήχου κατά τη διάδοσή του στο νερό και ότι οι τιμές της έντασης ακολουθούν τη θεωρητική σχέση της έντασης κύματος ως συνάρτηση της απόστασης από την πηγή.

$\frac{I_2}{I_1} = \frac{\frac{P_o}{4\pi r_2^2}}{\frac{P_o}{4\pi r_1^2}} = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2$ [1 μον.]	2 μον.
---	--------



$I_2 = I_1 \left( \frac{r_1}{r_2} \right)^2 = (9,95 \times 10^{-10} \frac{W}{m^2}) \left( \frac{2 \text{ km}}{8 \text{ km}} \right)^2 = 0,622 \times 10^{-10} \frac{W}{m^2} \quad \text{[1 μον.]}$	
--	--

- 16.** Στο πείραμα του Young οι δύο σχισμές απέχουν μεταξύ τους 0,100 mm, και το πέτασμα απέχει από τις σχισμές 1,20 m. Πράσινη μονοχρωματική ακτινοβολία από laser μήκους κύματος  $\lambda = 552 \text{ nm}$ , προσπίπτει κάθετα πάνω στις δύο σχισμές.

Οι απαντήσεις σας να δοθούν με τον σωστό αριθμό σημαντικών ψηφίων.

**(α)** Να υπολογίσετε τη γωνία στην οποία εμφανίζεται ο κροσσός ενισχυτικής συμβολής τρίτης τάξης ( $v=3$ ).

<p>Αντικαθιστώντας στη σχέση γωνίας εμφάνισης κροσσών ενισχυτικής συμβολής – μήκους κύματος για <math>v=3</math>, βρίσκουμε:</p> $\eta\mu\theta = \frac{3\lambda}{a} = \eta\mu\left( \frac{3 \times (552 \times 10^{-9} \text{ m})}{0,100 \times 10^{-3} \text{ m}} \right) = 0,0166 \quad \text{[1 μον.]}$ $\Rightarrow \theta = \text{τοξ}\eta\mu(0,0166) = 0,0166 \text{ rad} = 0,949^\circ \quad \text{[1 μον.]}$	<b>2 μον.</b>
---	---------------

**(β)** Αν πραγματοποιήσουμε το πιο πάνω πείραμα με ένα laser ιώδους ακτινοβολίας, τότε ο κροσσός ενισχυτικής συμβολής πρώτης τάξης σχηματίζεται σε απόσταση 5,10 mm από το μέσο του κροσσού ενίσχυσης μηδενικής τάξης.

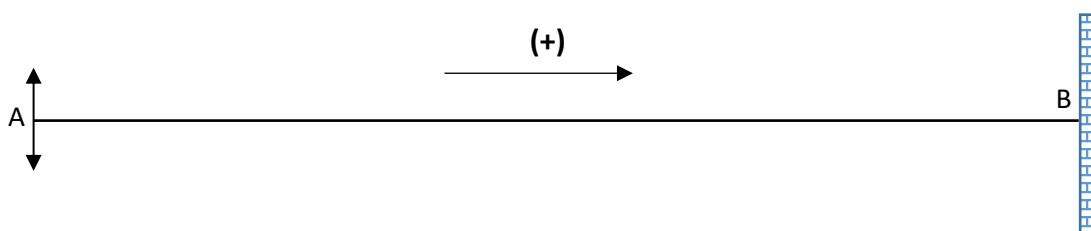
**i.** Να υπολογίσετε το μήκος κύματος της ιώδους ακτινοβολίας.

$\lambda_1 = a \left( \frac{\Delta x}{D} \right) = (0,100 \times 10^{-3} \text{ m}) \times \left( \frac{5,10 \times 10^{-3} \text{ m}}{1,20 \text{ m}} \right) = 4,25 \times 10^{-7} \text{ m} = 425 \text{ nm}$	<b>1 μον.</b>
--	---------------

- ii.** Ένας μαθητής ισχυρίζεται ότι με την ίδια πειραματική διάταξη ο κροσσός ενισχυτικής συμβολής πρώτης τάξης ( $v=1$ ) για την ακτινοβολία που εκπέμπει ένα κόκκινο laser σχηματίστηκε σε απόσταση 4,35 mm από το μέσο του κροσσού ενίσχυσης μηδενικής τάξης. Συμφωνείτε ή διαφωνείτε με τον ισχυρισμό του μαθητή; Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

$\lambda_K > \lambda_1 \Rightarrow \Delta x_K > \Delta x_1 \quad \text{[1 μον.]}$ <p>Ο ισχυρισμός είναι λανθασμένος [1 μον.]</p>	<b>2 μον.</b>
--	---------------

17. Ένας μαθητής δένει το ένα άκρο ενός σχοινιού μήκους 12 m και μάζας 0,150 kg σε ακλόνητο σημείο B, όπως φαίνεται στο σχήμα. Ο μαθητής τεντώνει το σχοινί από την ελεύθερη άκρη του A, με οριζόντια δύναμη μέτρου 5 N, και το κρατά οριζόντιο. Τη χρονική στιγμή  $t=0$  ο μαθητής θέτει την άκρη A σε απλή αρμονική ταλάντωση κατά την κατακόρυφη διεύθυνση και προς τα πάνω, η οποία περιγράφεται από την εξίσωση:  $y = 0,800 \eta\mu(5\pi t)$  (S.I.).



(α) Να δείξετε ότι η γραμμική πυκνότητα του σχοινιού είναι  $\mu = 0,0125 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$ .

$\mu = \frac{M}{L} \Rightarrow \mu = \frac{0,150 \text{ kg}}{12 \text{ m}} = 0,0125 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \quad \text{[1 μον.]}$	<b>1 μον.</b>
---	---------------

(β) Να υπολογίσετε την ταχύτητα διάδοσης του κύματος.

$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} = \sqrt{\frac{5 \text{ N}}{12,5 \times 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{m}}}} = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad \text{[1 μον.]}$	<b>1 μον.</b>
---	---------------

(γ) Να υπολογίσετε το μήκος κύματος.

$\omega = 2\pi f \Rightarrow f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{5\pi \text{ rad/s}}{2\pi \text{ rad}} \Rightarrow f = 2,5 \text{ Hz} \quad \text{[1 μον.]}$	<b>2 μον.</b>
$v = \lambda f \Rightarrow \lambda = \frac{20 \text{ m/s}}{2,5 \text{ Hz}} = 8 \text{ m} \quad \text{[1 μον.]}$	

(δ) Να γράψετε την εξίσωση του τρέχοντος αρμονικού κύματος που παράγεται από την κίνηση της άκρης A.

$y(x, t) = y_0 \eta\mu \left[ 2\pi \left( \frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right) \right] \quad \text{[1 μον.]}$	<b>2 μον.</b>
$\Rightarrow y(x, t) = (0,800 \text{ m}) \eta\mu \left[ 2\pi \left( \frac{t}{0,400 \text{ s}} - \frac{x}{8,00 \text{ m}} \right) \right] \quad \text{ή}$	

$$\Rightarrow y(x,t) = (0,800\text{m})\eta\mu\left[\left(15,7\frac{\text{rad}}{\text{s}}\right)t - \left(0,785\frac{\text{rad}}{\text{m}}\right)x\right] \quad [1 \text{ μον.}]$$

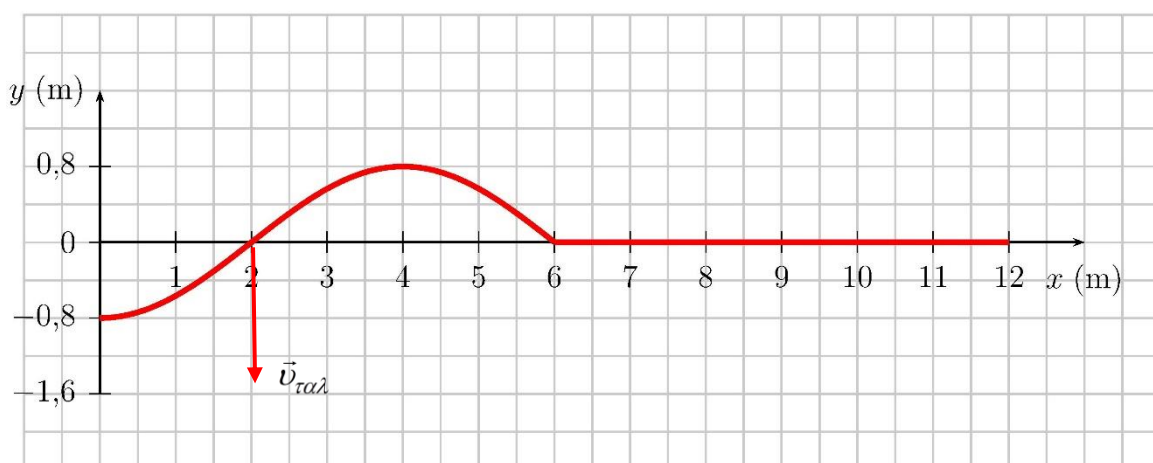
(ε) Να σχεδιάσετε σε βαθμολογημένους άξονες το στιγμιότυπο του κύματος τη χρονική στιγμή  $t_1 = 0,300\text{ s}$ .

$$x = vt_1 = \left(20\frac{\text{m}}{\text{s}}\right) \times (0,300\text{s}) = 6\text{m} \quad [1 \text{ μον.}]$$

Σωστή βαθμονόμηση – χάραξη αξόνων – Φυσικά μεγέθη και Μονάδες μέτρησης. [1 μον.]

Σωστός σχεδιασμός στιγμιότυπου [1 μον.].

3 μον.



(στ) Στο στιγμιότυπο που σχεδιάσατε στο προηγούμενο ερώτημα να σχεδιάσετε το διάνυσμα της ταχύτητας ταλάντωσης (ωκότητας) του σημείου που βρίσκεται στη θέση  $x = 2\text{ m}$ .

Ορθός σχεδιασμός του διανύσματος

1 μον.