ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ, ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΝΕΟΛΑΙΑΣ

ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΑΝΩΤΕΡΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ

ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΕΞΕΤΑΣΕΩΝ

ΠΑΓΚΥΠΡΙΕΣ ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ 2025

Μάθημα: ΦΥΣΙΚΗ (38)

Ημερομηνία και ώρα εξέτασης:

Παρασκευή 20 Ιουνίου 2025

8:00 – 11:00

ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΛΥΣΕΙΣ

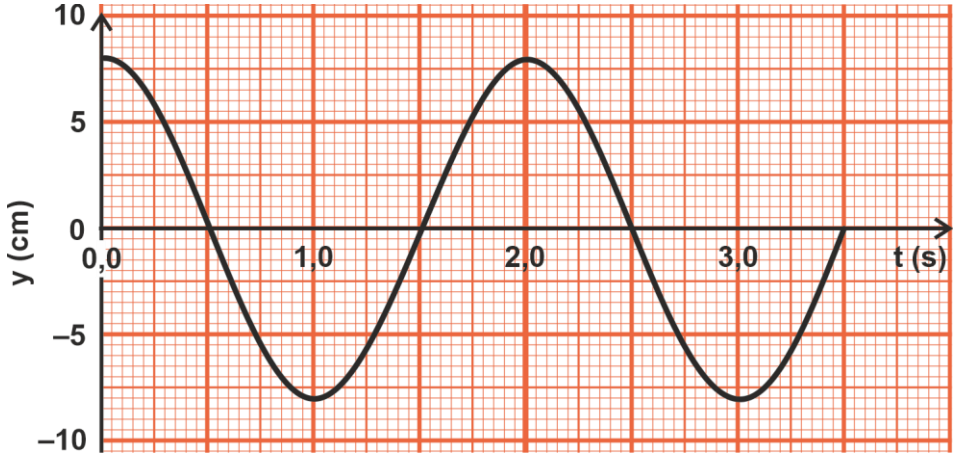
Σημείωση:

Οι πιο κάτω απαντήσεις είναι ενδεικτικές και η καθεμία δεν αποτελεί μοντέλο απάντησης. Πιθανόν, ορθές απαντήσεις των μαθητών να μην ταυτίζονται με αυτές των προτεινόμενων λύσεων.

ΜΕΡΟΣ Α΄: Αποτελείται από 10 ερωτήσεις των 5 μονάδων η καθεμιά.

Ερώτηση 1

Η Γραφική Παράσταση 1.1 δείχνει τη μετατόπιση ενός αρμονικού ταλαντωτή από τη θέση ισορροπίας του ως συνάρτηση του χρόνου, $y = f(t)$.



Γραφική Παράσταση 1.1

(α) Να χρησιμοποιήσετε τη Γραφική Παράσταση 1.1 για να γράψετε την εξίσωση της μετατόπισης σε σχέση με τον χρόνο.

(3 μονάδες)

$y_0 = 8{,}0\ \text{cm}$	**1 μον.**
$T = 2{,}00\ \text{s} \Rightarrow \omega = \pi\ \text{rad/s}$	**1 μον.**
$y = (8{,}0\ \text{cm})\ \text{ημ}\left[\left(\pi\ \frac{\text{rad}}{\text{s}}\right)t\ + \frac{\pi}{2}\ \text{rad}\right]$ ή $y = (8{,}0\ \text{cm})\ \text{συν}\left[\left(\pi\ \frac{\text{rad}}{\text{s}}\right)t\right]$	**1 μον.**

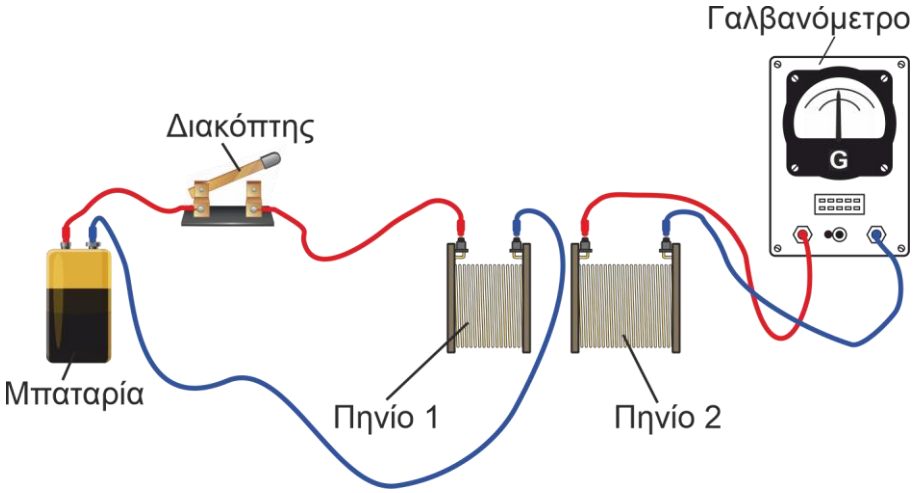
(β) Η μάζα m του αρμονικού ταλαντωτή είναι $20\ \text{g}$. Να υπολογίσετε το μέτρο της μέγιστης συνισταμένης δύναμης που ασκείται στη μάζα.

(2 μονάδες)

$a_0 = \omega^2 y_0 = 8\pi^2\frac{\text{cm}}{\text{s}^2} = 79\frac{\text{cm}}{\text{s}^2} = 0{,}08\pi^2\frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 0{,}79\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$	**1 μον.**
$\left\|\vec{F}_{\mu\varepsilon\gamma}\right\| = ma_0 = (0{,}020\ \text{kg})\left(0{,}08\pi^2\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) = 0{,}0016\pi^2\ \text{N} \simeq 0{,}0158\ \text{N}$	**1 μον.**

Ερώτηση 2

Στην Εικόνα 2.1 παρουσιάζονται δύο πηνία τοποθετημένα το ένα κοντά στο άλλο. Το πρώτο πηνίο συνδέεται με μπαταρία μέσω διακόπτη, ενώ το δεύτερο είναι συνδεδεμένο με ένα γαλβανόμετρο.



Εικόνα 2.1

Κατά το κλείσιμο του διακόπτη, παρατηρείται στιγμιαία απόκλιση του δείκτη του γαλβανομέτρου.

(α) Να κατονομάσετε το φυσικό φαινόμενο που συμβαίνει στο κύκλωμα του δεύτερου πηνίου κατά το κλείσιμο του διακόπτη.

(1 μονάδα)

Φαινόμενο ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής ή φαινόμενο αμοιβαίας επαγωγής	**1 μον.**

(β) Δεδομένου ότι στο κύκλωμα του δεύτερου πηνίου δεν υπάρχει ηλεκτρική πηγή, να εξηγήσετε γιατί προκαλείται απόκλιση του δείκτη του γαλβανομέτρου.

(3 μονάδες)

Αναφορά στα ακόλουθα: ✓ Μεταβολή ρεύματος στο πρωτεύον πηνίο ✓ Μεταβολή μαγνητικής ροής στο δευτερεύον πηνίο ή επαγωγική σύζευξη των δύο πηνίων ✓ Εμφάνιση επαγόμενης ηλεκτρεγερτικής δύναμης	**1 μον.** **1 μον.** **1 μον.**

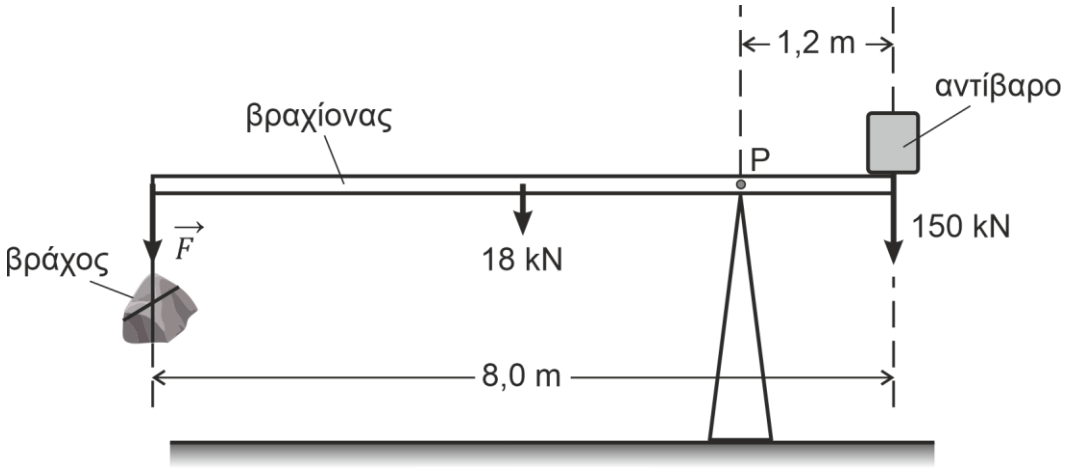
(γ) Να γράψετε έναν τρόπο με τον οποίο θα μπορούσαμε να προκαλέσουμε μεγαλύτερη απόκλιση του δείκτη, χρησιμοποιώντας τα ίδια πηνία και την ίδια μπαταρία.

(1 μονάδα)

Τοποθέτηση πυρήνα στο εσωτερικό των πηνίων (ή οποιοσδήποτε άλλος ορθός τρόπος)	**1 μον.**

Ερώτηση 3

Η Εικόνα 3.1 παρουσιάζει ένα απλοποιημένο διάγραμμα ενός γερανού, που χρησιμοποιείται για να ανυψώσει έναν μεγάλο βράχο. Ο βραχίονας είναι ομογενής, έχει μήκος $8{,}0\ \mathrm{m}$ και βάρος $18\ \mathrm{kN}$.Το διάγραμμα δεν είναι υπό κλίμακα.

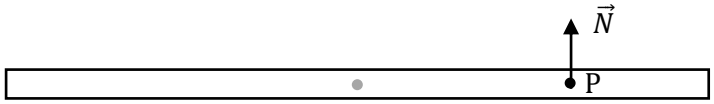


Εικόνα 3.1

Στον βραχίονα του γερανού φαίνονται τρεις από τις τέσσερεις δυνάμεις που δρουν σε αυτόν, κρατώντας τον σε ισορροπία. Το αντίβαρο ασκεί δύναμη μέτρου $150\ \mathrm{kN}$ στον βραχίονα και το σημείο εφαρμογής της απέχει απόσταση $1{,}2\ \mathrm{m}$ από το σημείο P.

(α) Να μεταφέρετε στο τετράδιό σας <u>τον βραχίονα</u> του γερανού και να σχεδιάσετε την τέταρτη δύναμη που ασκείται σ' αυτόν.

(1 μονάδα)

Σχεδιασμός μιας δύναμης στην κατακόρυφη διεύθυνση, με φορά προς τα πάνω: 	**1 μον.**

(β) Να υπολογίσετε:

i. το μέτρο της ροπής της δύναμης που ασκεί το αντίβαρο στον βραχίονα, ως προς το σημείο P,

(1 μονάδα)

$\left\|\vec{M}_{\vec{N}}\right\| = (150\ \mathrm{kN})(1{,}2\ \mathrm{m}) = 1{,}8 \times 10^5\ \mathrm{N \cdot m}$	**1 μον.**

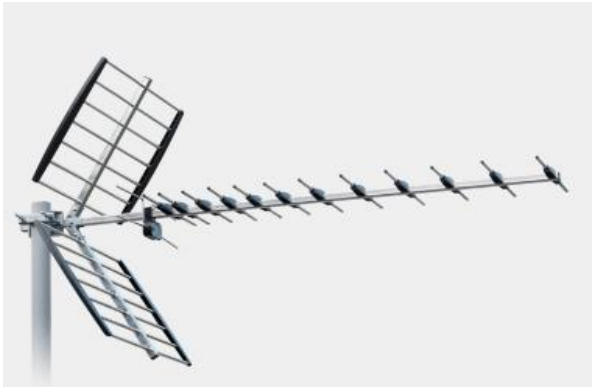
ii. το μέτρο της δύναμης $\vec{F}$, με δύο σημαντικά ψηφία.

(3 μονάδες)

$\left\|\Sigma\vec{M}_{\varepsilon\xi}\right\| = 0 \quad$ ή $\quad \left\|\vec{M}_{\vec{F}}\right\| + \left\|\vec{M}_{\vec{B}}\right\| - \left\|\vec{M}_{\overrightarrow{Na}}\right\| = 0$)	**1 μον.**
$\left\|\vec{F}\right\| \cdot (6{,}8\ \text{m}) + (18\ \text{kN})(2{,}8\ \text{m}) - (150\ \text{kN})(1{,}2\ \text{m}) = 0$	**1 μον.**
$\left\|\vec{F}\right\| = 19\ \text{kN}$	**1 μον.**

Ερώτηση 4

Η κεραία της τηλεόρασης λαμβάνει ραδιοκύματα (Εικόνα 4.1α) και η συσκευή της τηλεόρασης λαμβάνει υπέρυθρα κύματα από το τηλεχειριστήριο (Εικόνα 4.1β), κάθε φορά που ο χρήστης επιχειρεί κάποια αλλαγή στη λειτουργία της. Επίσης, η τηλεόραση εκπέμπει ορατό φως από την οθόνη και ηχητικά κύματα από τα ηχεία της.



Εικόνα 4.1α



Εικόνα 4.1β

Τα κύματα διακρίνονται σε Μηχανικά και Ηλεκτρομαγνητικά Κύματα.

(α) Να αναφέρετε ποια από τα κύματα που αναφέρονται παραπάνω είναι μηχανικά.

(1 μονάδα)

Τα ηχητικά κύματα	**1 μον.**

(β) Από τα προαναφερθέντα Ηλεκτρομαγνητικά Κύματα, να αναφέρετε:

i. ποιος τύπος κύματος έχει τη μεγαλύτερη συχνότητα,

(1 μονάδα)

Τα ορατό φως	**1 μον.**

ii. ποιος τύπος κύματος έχει το μεγαλύτερο μήκος κύματος,

(1 μονάδα)

Τα ραδιοκύματα	**1 μον.**

iii. ποιος τύπος κύματος παρουσιάζει εντονότερο φαινόμενο περίθλασης από ένα ψηλό κτήριο.

(1 μονάδα)

Τα ραδιοκύματα	**1 μον.**

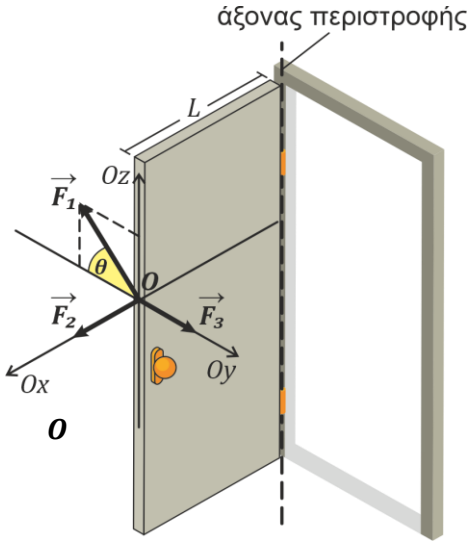
(γ) Να γράψετε δύο από τα προαναφερθέντα κύματα που γίνονται αντιληπτά από τις αισθήσεις των ανθρώπων.

(1 μονάδα)

Ηχητικά κύματα και Ορατό φως	**1 μον.**

Ερώτηση 5

Η Εικόνα 5.1 παρουσιάζει μια πόρτα πλάτους $L = 90\ \text{cm}$, η οποία μπορεί να περιστρέφεται γύρω από κατακόρυφο, ακλόνητο άξονα. Στην πόρτα ασκούνται τρεις δυνάμεις με μέτρα $|\vec{F}_1| = 10\ \text{N}$, $|\vec{F}_2| = 5\ \text{N}$ και $|\vec{F}_3| = 6\ \text{N}$, και κοινό σημείο εφαρμογής το σημείο Ο.



Εικόνα 5.1

Οι δυνάμεις $\vec{F}_2$ και $\vec{F}_3$ έχουν την κατεύθυνση του άξονα Ox και Oy, αντίστοιχα. Η $\vec{F}_1$ βρίσκεται στο επίπεδο yz και σχηματίζει γωνία $\theta = 60°$ με τον άξονα των y, όπως φαίνεται στην Εικόνα 5.1. Ο άξονας περιστροφής της πόρτας είναι παράλληλος με τον άξονα των z.

(α) Να υπολογίσετε την αλγεβρική τιμή της ροπής της κάθε δύναμης κατά μήκος του άξονα περιστροφής της πόρτας.

(3 μονάδες)

$M_{\vec{F}_1} = -\lvert\vec{F}_1\rvert\ \text{συν}(60°)L = -(10\ \text{N})(0{,}5)(0{,}90\ \text{m}) = -4{,}5\ \text{N}\cdot\text{m}$	**1 μον.**
$M_{\vec{F}_2} = 0$	**1 μον.**
$M_{\vec{F}_3} = \lvert\vec{F}_3\rvert\ L = (6\ \text{N})(0{,}90\ \text{m}) = 5{,}4\ \text{N}\cdot\text{m}$	**1 μον.**

(β) Να εξηγήσετε προς ποια φορά οι δυνάμεις αυτές τείνουν να περιστρέψουν την πόρτα (αριστερόστροφα ή δεξιόστροφα).

(2 μονάδες)

Αριστερόστροφα	**1 μον.**
$\Sigma M_{\varepsilon\xi} = M_{\vec{F}_1} + M_{\vec{F}_2} + M_{\vec{F}_3} > 0$ ή $\Sigma\vec{F}_{\varepsilon\xi}$ προκαλεί αριστερόστροφη ροπή	**1 μον.**

Ερώτηση 6

Η Εικόνα 6.1α απεικονίζει ένα στιγμιότυπο της ταλάντωσης μιας γέφυρας, η οποία προκαλείται από την επίδραση του ανέμου. Στην Εικόνα 6.1β παρουσιάζεται η κατάρρευση της γέφυρας, η οποία αποδίδεται στο φαινόμενο του συντονισμού.



Εικόνα 6.1α



Εικόνα 6.1β

(α) Να αναφέρετε το είδος της ταλάντωσης που παρουσίαζε η γέφυρα λίγο πριν από την κατάρρευσή της.

(1 μονάδα)

Εξαναγκασμένη ταλάντωση	**1 μον.**

(β) Να γράψετε τι είναι ο συντονισμός και υπό ποιες συνθήκες εμφανίζεται σ' ένα σύστημα.

(2 μονάδες)

Το φαινόμενο κατά το οποίο το πλάτος μιας εξαναγκασμένης ταλάντωσης μεγιστοποιείται.	**1 μον.**
Η συχνότητα της περιοδικής εξωτερικής δύναμης να είναι περίπου ίση με τη χαρακτηριστική συχνότητα του ταλαντωτή **ή** αναφορά στη μεγιστοποίηση του ρυθμού απορρόφησης ενέργειας από τον ταλαντωτή, κατά την αλληλεπίδραση με τον διεγέρτη	**1 μον.**

(γ) Να αναφέρετε ένα άλλο παράδειγμα συστήματος στο οποίο παρατηρείται το φαινόμενο του συντονισμού, αναφέροντας τον διεγέρτη και τον ταλαντωτή.

(2 μονάδες)

π.χ.: Ποτήρι (ταλαντωτής) που θρυμματίζεται κατά την αλληλεπίδραση του με το ηχητικό κύμα ενός ηχείου (διεγέρτης),	**1 μον.** **1 μον.**

Ερώτηση 7

Η πιο κάτω εξίσωση περιγράφει ένα τρέχον αρμονικό κύμα που διαδίδεται σε γραμμικό ελαστικό μέσο.

$$y(x,t) = (8{,}0\ \text{mm})\ \text{ημ}\left[2\pi\left((5{,}0\ \text{s}^{-1})\ t - \frac{x}{2{,}0\ \text{m}}\right)\right]$$

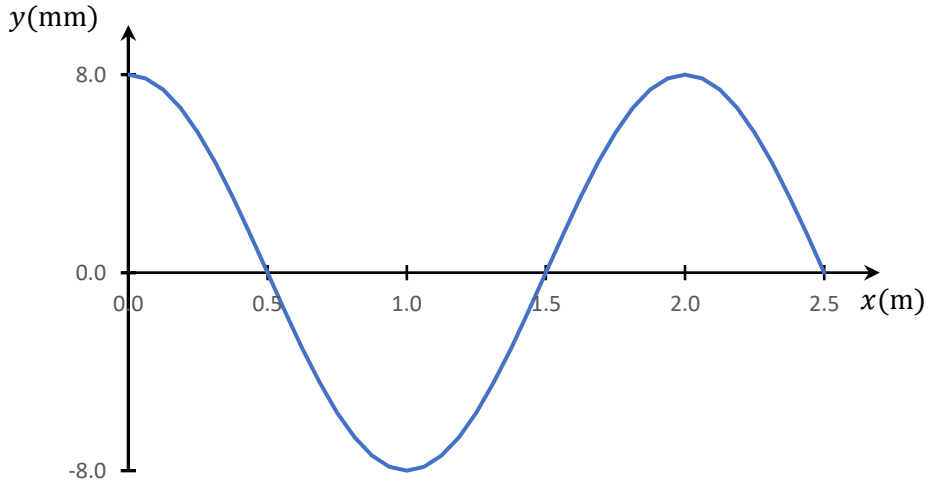
(α) Να υπολογίσετε την ταχύτητα διάδοσης του κύματος.

(2 μονάδες)

$\lambda = 2{,}0\ \text{m}\ \ ,\ \ f = 5{,}0\ \text{Hz}\ \ \text{ή}\ \ T = 0{,}20\ \text{s}$	**1 μον.**
$\upsilon = \lambda \cdot f = \frac{\lambda}{T} = 1{,}0 \times 10^{1}\ \text{m/s}$	**1 μον.**

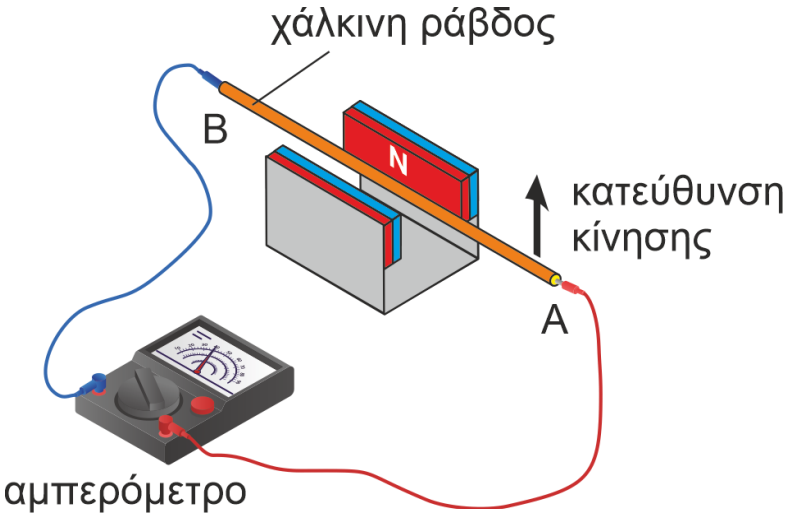
(β) Τη χρονική στιγμή $t = 0$ ξεκινά η ταλάντωση της πηγής του κύματος, η οποία βρίσκεται στη θέση $x = 0$. Να σχεδιάσετε, σε βαθμονομημένους άξονες στο χιλιοστομετρικό χαρτί, το στιγμιότυπο του κύματος τη χρονική στιγμή $t = 0{,}25\ \text{s}$.

(3 μονάδες)

$y_0 = 8{,}0\ \text{mm} = 0{,}008\ \text{m}$	**1 μον.**
$\Delta t = 0{,}25\ \text{s},\ \Rightarrow \lvert\Delta\vec{x}\rvert = \upsilon \cdot \Delta t = \left(10{,}0\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)(0{,}25\ \text{s}) = 2{,}5\ \text{m}$	**1 μον.**
	

Ερώτηση 8

Στην Εικόνα 8.1 φαίνεται μια χάλκινη ράβδος ΑΒ να κινείται κατακόρυφα προς τα πάνω. Η ράβδος είναι συνδεδεμένη με ένα αμπερόμετρο, στο οποίο παρατηρούμε ότι ο δείκτης αποκλίνει κατά τη διάρκεια της κίνησης της ράβδου**.**



Εικόνα 8.1

Να θεωρήσετε ότι, σε κάθε περίπτωση, η ράβδος κινείται μέσα στην περιοχή ομογενούς πεδίου που δημιουργούν οι μαγνήτες.

(α) Να εξηγήσετε γιατί παρατηρείται απόκλιση του δείκτη του αμπερομέτρου.

(2 μονάδες)

Η ράβδος διαρρέεται από επαγόμενο ρεύμα (στο κλειστό κύκλωμα)	**1 μον.**
Εξήγηση, είτε σε μακροσκοπικό είτε σε μικροσκοπικό επίπεδο: Λόγω μεταβολής της μαγνητικής ροής κατά την κίνηση της ράβδου ή η ράβδος τέμνει τις μαγνητικές γραμμές. ή Η μαγνητική δύναμη που ασκείται στα ελεύθερα ηλεκτρόνια της ράβδου προκαλεί προσανατολισμένη ροή φορέων φορτίου στο εσωτερικό της.	**1 μον.**

(β) Να αναφέρετε τι θα παρατηρήσουμε στο αμπερόμετρο, αν η ράβδος κινηθεί παράλληλα προς τις δυναμικές γραμμές του ομογενούς μαγνητικού πεδίου.

(1 μονάδα)

Η ένδειξη του αμπερομέτρου είναι μηδενική	**1 μον.**

(γ) Ένας μαθητής παρατηρεί ότι όταν χρησιμοποιεί ισχυρότερους μαγνήτες, η απόκλιση του δείκτη είναι μεγαλύτερη. Να αναφέρετε έναν άλλο τρόπο με τον οποίο μπορεί να επιτευχθεί μεγαλύτερη απόκλιση, χρησιμοποιώντας την ίδια διάταξη, και να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

(2 μονάδες)

Πιο γρήγορη μετακίνηση της ράβδου μέσα στο πεδίο	**1 μον.**
Η γρηγορότερη μετακίνηση της ράβδου σημαίνει αύξηση της $\mathcal{E}_{επ}$, άρα και αύξηση της έντασης του ρεύματος που διαρρέει το αμπερόμετρο.	**1 μον.**

Ερώτηση 9

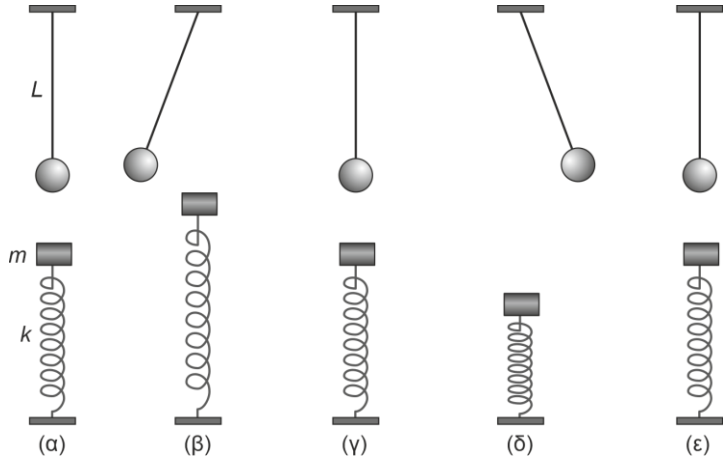
(α) Να γράψετε δύο προϋποθέσεις που πρέπει να ικανοποιούνται, ώστε ένα εκκρεμές να εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση.

(2 μονάδες)

Αναφορά σε **δύο** από τις πιο κάτω προϋποθέσεις: ✓ Μικρή γωνία θέσης του ταλαντωτή ($\Leftrightarrow L \gg x$) ✓ Ο ταλαντωτής θεωρείται σημειακή μάζα ✓ Το νήμα να είναι αμελητέας μάζας (και μη εκτατό) ✓ Μηδενικές απώλειες ενέργειας (ή οποιοδήποτε άλλη επιστημονικά ορθή απάντηση)	**2 μον.**

(β) Η Εικόνα 9.1 δείχνει πέντε διαδοχικά στιγμιότυπα ταλάντωσης δύο απλών, αρμονικών ταλαντωτών: ενός εκκρεμούς και ενός συστήματος σώματος – κατακόρυφου ελατηρίου.

Στα στιγμιότυπα (α), (γ) και (ε) οι ταλαντωτές περνούν από τις θέσεις ισορροπίας τους ενώ στα στιγμιότυπα (β) και (δ) βρίσκονται σε ακραίες θέσεις.



Εικόνα 9.1

Οι εξισώσεις υπολογισμού της περιόδου των δύο ταλαντωτών είναι:

$$T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \quad , \qquad T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

Το εκκρεμές έχει μήκος $L = 0{,}25\ \mathrm{m}$ και το ελατήριο έχει σταθερά $k = \pi^2\ \mathrm{N/m}$. Να υπολογίσετε τη μάζα του σώματος στο σύστημα σώμα – ελατήριο.

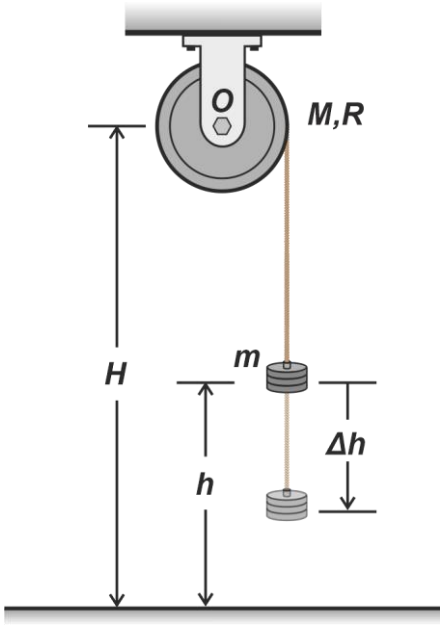
(3 μονάδες)

Αναγνώριση του γεγονότος ότι $T_1 = T_2$	**1 μον.**
$m = kl/g = \left(\pi^2 \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}}\right)(0{,}25\ \mathrm{m}) / \left(9{,}81 \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}\right)$	**1 μον.**
$\mathrm{m} = 0{,}025\pi^2\ \mathrm{kg} \simeq 0{,}25\ \mathrm{kg}$	**1 μον.**

Ερώτηση 10

Η Εικόνα 10.1 παρουσιάζει μια τροχαλία, μάζας M και ακτίνας R, η οποία μπορεί να περιστρέφεται γύρω από έναν σταθερό οριζόντιο άξονα χωρίς τριβές. Ένα αβαρές σχοινί είναι περιτυλιγμένο γύρω από την τροχαλία και ένα σώμα μάζας $m = M/4$ είναι προσαρτημένο στο άκρο του σχοινιού.

Το σύστημα συγκρατείται αρχικά σε ηρεμία και στη συνέχεια το σώμα αφήνεται να κατέλθει. Το τυλιγμένο σχοινί περιστρέφεται μαζί με την τροχαλία χωρίς να ολισθαίνει ως προς αυτή. Η ροπή αδράνειας της τροχαλίας ως προς τον άξονα περιστροφής της είναι $I_{\tau\rho} = \frac{1}{2}MR^2$.



Εικόνα 10.1

(α) Να δείξετε ότι το μέτρο της γωνιακής επιτάχυνσης της τροχαλίας είναι:

$$|\vec{a}_\gamma| = \frac{g}{3R}$$

(3 μονάδες)

Εφαρμογή νόμου Νεύτωνα για τη μεταφορική κίνηση του σώματος: $\Sigma\vec{F}_{\varepsilon\xi} = m\vec{a} \Rightarrow \frac{M\|\vec{g}\|}{4} - \|\vec{T}\| = \frac{M}{4}\|\vec{a}\|$	**1 μον.**
Εφαρμογή νόμου Νεύτωνα για την περιστροφική κίνηση της τροχαλίας: $\Sigma\vec{M}_{\varepsilon\xi} = I\vec{a}_\gamma \Rightarrow \|\vec{T}\|R = \frac{1}{2}MR^2\|\vec{a}_\gamma\|$	**1 μον.**
Σχέση μεταξύ γραμμικής και γωνιακής επιτάχυνσης και επίλυση του συστήματος εξισώσεων: $\|\vec{a}\| = R\|\vec{a}_\gamma\|$	**1 μον.**
Εναλλακτικός τρόπος επίλυσης: Το σύστημα σωμάτων περιστρέφεται → $\Sigma M_{\varepsilon\xi} = I_{\sigma\upsilon\sigma}a_\gamma$ Εφαρμογή νόμου Νεύτωνα στο σύστημα σωμάτων → $\|\vec{B}_\sigma\|R = (I_{\tau\rho} + I_\sigma)\|\vec{a}_\gamma\|$ Μετασχηματισμός της πιο πάνω σχέσης → $\frac{M\|\vec{g}\|}{4}R = \left(\frac{1}{2}MR^2 + \frac{M}{4}R^2\right)\|\vec{a}_\gamma\|$	1 μον. 1 μον. 1 μον.

(β) Η μάζα του σώματος είναι $m = 12\,\text{kg}$ και η ακτίνα της τροχαλίας είναι $R = 0{,}20\,\text{m}$. Να υπολογίσετε το μέτρο της γωνιακής ταχύτητας της τροχαλίας όταν το σώμα έχει κατέλθει κατά $\Delta h = 0{,}50\,\text{m}$.

(2 μονάδες)

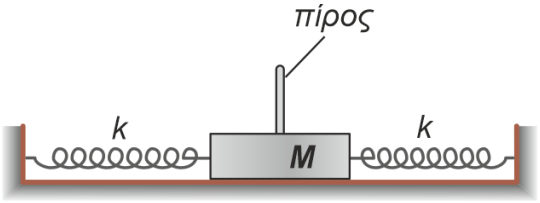
$$m\lvert\vec{g}\rvert\Delta h - \left(\frac{1}{2}m\lvert\vec{v}\rvert^2 + \frac{1}{2}I_{\tau\rho}\lvert\vec{\omega}\rvert^2\right) = 0$$ ή $$m\lvert\vec{g}\rvert\Delta h = \frac{1}{2}m(R\lvert\vec{\omega}\rvert)^2 + \frac{1}{2}\left(\frac{1}{2}MR^2\right)\lvert\vec{\omega}\rvert^2$$ ή	**1 μον.**
Ορθό αποτέλεσμα: $$\lvert\vec{\omega}\rvert \simeq 9{,}0\,\text{rad/s}$$	**1 μον.**
Εναλλακτικός τρόπος επίλυσης: $$\lvert\vec{\omega}\rvert^2 = \lvert\vec{\omega}_0\rvert^2 + 2\lvert\vec{a}_\gamma\rvert\Delta\theta \Rightarrow \lvert\vec{\omega}\rvert^2 = 2\left(\frac{\lvert\vec{g}\rvert}{3R}\right)\left(\frac{\Delta h}{R}\right) \Rightarrow \lvert\vec{\omega}\rvert = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{2}{3}\lvert\vec{g}\rvert\Delta h}$$ Ορθό αποτέλεσμα: $\lvert\vec{\omega}\rvert \simeq 9{,}0\,\text{rad/s}$	1 μον. 1 μον.

ΤΕΛΟΣ ΜΕΡΟΥΣ Α΄
ΑΚΟΛΟΥΘΕΙ ΤΟ ΜΕΡΟΣ Β΄

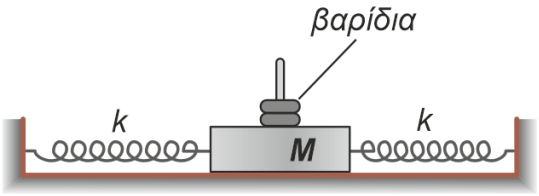
ΜΕΡΟΣ Β΄: Αποτελείται από 5 ερωτήσεις των 10 μονάδων η καθεμιά.

Ερώτηση 11

Η Εικόνα 11.1α παρουσιάζει σώμα με πίρο, συνολικής μάζας M, που βρίσκεται πάνω σε οριζόντια λεία επιφάνεια, και είναι συνδεμένο με δύο ελατήρια σταθεράς k το καθένα. Το κάθε ελατήριο έχει στερεωμένο το ένα του άκρο σε ακλόνητο τοίχο.



Εικόνα 11.1α



Εικόνα 11.1β

Όταν το σώμα εκτραπεί από τη θέση ισορροπίας του και αφεθεί, εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση. Ένας μαθητής μετράει τον χρόνο δέκα ταλαντώσεων και υπολογίζει την περίοδο T της ταλάντωσης. Ακολούθως, επαναλαμβάνει τη διαδικασία προσθέτοντας στον πίρο βαρίδια μάζας m (Εικόνα 11.1β). Τα αποτελέσματα των υπολογισμών του παρουσιάζονται στον Πίνακα 11.1.

Πίνακας 11.1					
$\boldsymbol{m}$ **(kg)**	0	0,5	1,0	1,5	2,0
10 $\boldsymbol{T}$ **(s)**	15,9	19,4	21,9	24,7	26,6
$\boldsymbol{T}$	1,59	1,94	2,19	2,47	2,66
$\boldsymbol{T^2}$	2,53	3,764	4,8	6,1	7,08

(α) Να αναφέρετε δύο διαφορετικά λάθη/παραλείψεις που έχει ο πίνακας (δεν απαιτούνται αριθμητικές πράξεις).

(2 μονάδες)

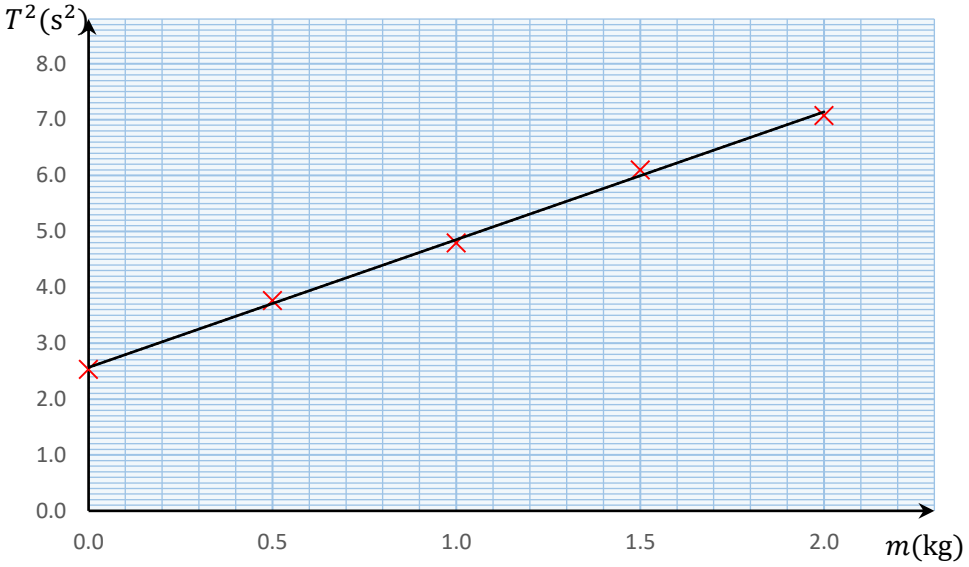
Αναφορά σε **δύο** από τα πιο κάτω λάθη/παραλείψεις: ✓ Απουσία μονάδων μέτρησης στην 1η στήλη του Πίνακα 11.1 ✓ Ασυνέπεια στο πλήθος των σημαντικών ψηφίων στις διαφορετικές μετρήσεις του φυσικού μεγέθους T^2 . ✓ Ασυνέπεια στο πλήθος των σημαντικών ψηφίων μεταξύ των φυσικών μεγεθών T και T^2 .	**2 μον.**

(β) Η περίοδος T και οι μάζες συνδέονται με τη σχέση:

$$T^2 = \frac{4\pi^2 m}{2k} + \frac{4\pi^2 M}{2k}$$

i. Να χαράξετε τη γραφική παράσταση $T^2 = f(m)$.

(3 μονάδες)

Κατανομή μονάδων: 1. Ορθά φυσικά μεγέθη με τις αντίστοιχες μονάδες μέτρησης στους δύο άξονες 2. Ορθή βαθμονόμηση των αξόνων 3. Ορθή τοποθέτηση **τουλάχιστον τεσσάρων** σημείων και χάραξη της «ιδανικής» ευθείας  	**1 μον.** **1 μον.** **1 μον.**

ii. Να χρησιμοποιήσετε τη γραφική παράσταση για να προσδιορίσετε την τιμή της σταθεράς k.

(3 μονάδες)

1. Υπολογισμός της κλίσης της «ιδανικής» ευθείας, $$\text{κλίση} \simeq 2{,}29\,\frac{\mathrm{s}^2}{\mathrm{kg}}$$ Αποδεκτές τιμές κλίσης: $(2{,}24 - 2{,}34)\ \mathrm{s}^2/\mathrm{kg}$	**1 μον.**
2. Εξίσωση από την οποία προκύπτει η σταθερά k: $$k = \frac{2\pi^2}{\text{κλίση}}$$	**1 μον.**
3. Υπολογισμός της τιμής της σταθεράς k, με την σωστή μονάδα μέτρησης $$k \simeq 8{,}60\,\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}}$$ Αποδεκτές τιμές σταθεράς: $(8{,}40 - 8{,}80)\ \mathrm{N/m}$	**1 μον.**

iii. Να χρησιμοποιήσετε τη γραφική παράσταση για να προσδιορίσετε τη μάζα M.

(2 μονάδες)

Σχέση υπολογισμού της μάζας M, για $m = 0$: $M = \frac{k}{2\pi^2}T^2$ ή $M = \frac{T^2}{\text{κλίση}}$	**1 μον.**
Αντικατάσταση της μεταβλητής T^2 με το σημείο τομής $(2{,}57\ \text{s}^2)$ της ευθείας με τον κατακόρυφο άξονα και υπολογισμός της μάζας M: $M = \frac{(8{,}62\ \text{N/m})}{2\pi^2}.(2{,}57\ \text{s}^2) \simeq 1{,}12\ \text{kg}$ ή $M = \frac{(2{,}57\ \text{s}^2)}{2{,}29\ \text{s}^2/\text{kg}} \simeq 1{,}12\ \text{kg}$	**1 μον.**
Εναλλακτικός τρόπος επίλυσης: ➢ Από το σημείο τομής της ευθείας με τον άξονα m (kg)	1 μον. 1 μον.

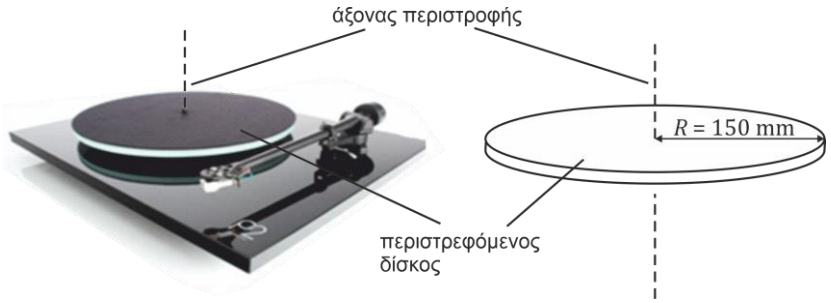
Ερώτηση 12

Α. Να διατυπώσετε την αρχή διατήρησης της στροφορμής.

(2 μονάδες)

Αναφορά σε **δύο** σημεία: 1. Όταν το άθροισμα των εξωτερικών ροπών σε ένα σώμα/σύστημα (ως προς κάποιο σημείο του χώρου ή ως προς έναν άξονα) ισούται με μηδέν, 2. η συνολική στροφορμή του σώματος/συστήματος (ως προς το σημείο αυτό ή ως προς τον άξονα αυτό) διατηρείται	**1 μον.** **1 μον.**

Β. Μια πειραματική δραστηριότητα πραγματοποιείται από μαθητές και μαθήτριες, χρησιμοποιώντας ένα πικάπ. Το πικάπ αποτελείται από έναν περιστρεφόμενο, ομογενή, συμπαγή δίσκο με μάζα $M = 0{,}82\ \text{kg}$ και ακτίνα $R = 150\ \text{mm}$, όπως φαίνεται στην Εικόνα 12.1. Η ροπή αδράνειας του δίσκου, ως προς τον άξονα περιστροφής του, δίνεται από τη σχέση: $I_{\delta\text{ίσκου}} = \frac{1}{2}MR^2$.



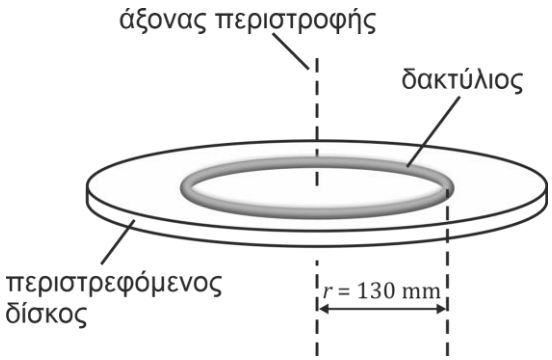
Εικόνα 12.1

(α) Να δείξετε ότι η ροπή αδράνειας του δίσκου είναι $9{,}2 \times 10^{-3}\ \text{kg m}^2$.

(1 μονάδα)

$I_{\delta\text{ίσκου}} = \frac{1}{2}(0{,}82\ \text{kg})(150 \times 10^{-3}\ \text{m})^2$	**1 μον.**

(β) Αρχικά ο δίσκος περιστρέφεται, με αμελητέες τριβές, με γωνιακή ταχύτητα $12\ \mathrm{rad/s}$. Στη συνέχεια, ένας λεπτός δακτύλιος, μάζας $m = 75\ \mathrm{g}$ και ακτίνας $r = 130\ \mathrm{mm}$, πέφτει απαλά πάνω στον δίσκο από χαμηλό ύψος. Τα δύο σώματα συσσωματώνονται, ώστε ο δακτύλιος να είναι ομόκεντρος με τον δίσκο. Το σύστημα των δύο σωμάτων παρουσιάζεται στην Εικόνα 12.2.



Εικόνα 12.2

i. Να υπολογίσετε το μέτρο της γωνιακής ταχύτητας του συστήματος, αμέσως μετά τη συσσωμάτωση δακτυλίου – δίσκου. Η ροπή αδράνειας του λεπτού δακτυλίου ως προς τον άξονα περιστροφής του δίνεται από τη σχέση $I_{\delta\alpha\kappa} = mr^2$.

(4 μονάδες)

$\Sigma M_{\text{εξ},z} = 0 \Rightarrow \Delta L_{\text{συς},z} = 0$	**1 μον.**
$I_{\text{δίσκου}}\lvert\vec{\omega}_{\text{αρχ}}\rvert = (I_{\text{δίσκου}} + mr^2)\lvert\vec{\omega}_{\text{τελ}}\rvert \quad$ ή $\quad \lvert\vec{\omega}_{\text{τελ}}\rvert = \left(\frac{I_{\text{δίσκου}}}{I_{\text{δίσκου}}+mr^2}\right)\lvert\vec{\omega}_{\text{αρχ}}\rvert$	**1 μον.**
$\lvert\vec{\omega}_{\text{τελ}}\rvert = \left[\frac{9{,}2\times10^{-3}\ \mathrm{kg\cdot m^2}}{9{,}2\times10^{-3}\ \mathrm{kg\cdot m^2} + (0{,}075\ \mathrm{kg})(130\times10^{-3}\ \mathrm{m})^2}\right]\left(12\,\frac{\mathrm{rad}}{\mathrm{s}}\right)$	**1 μον.**
$\lvert\vec{\omega}_{\text{τελ}}\rvert \simeq 10{,}5\ \mathrm{rad/s}$	**1 μον.**

ii. Να υπολογίσετε την απώλεια περιστροφικής κινητικής ενέργειας του συστήματος, κατά τη συσσωμάτωση δακτυλίου – δίσκου.

(3 μονάδες)

$(\text{Απώλεια } E_{\text{κιν}}) = \lvert\Delta E_{\text{κιν}}\rvert = \left\lvert E_{\text{κιν,τελ}} - E_{\text{κιν,αρχ}}\right\rvert$	**1 μον.**
$(\text{Απώλεια } E_{\text{κιν}}) = \left\lvert\frac{1}{2}(I_{\text{δίσκου}} + mr^2)\lvert\vec{\omega}_{\text{τελ}}\rvert^2 - \frac{1}{2}I_{\text{δίσκου}}\lvert\vec{\omega}_{\text{αρχ}}\rvert^2\right\rvert$	**1 μον.**
$(\text{Απώλεια } E_{\text{κιν}}) = 8{,}5\times10^{-2}\ \mathrm{J}$	**1 μον.**

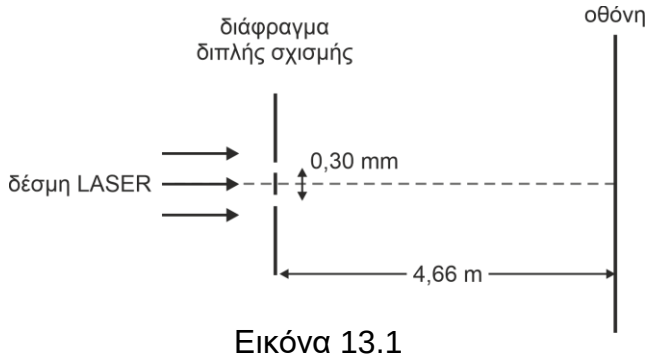
Ερώτηση 13

(α) Να εξηγήσετε γιατί το πείραμα της διπλής σχισμής του Young έδειξε ότι το φως έχει κυματική συμπεριφορά.

(2 μονάδες)

Αναφορά στο φαινόμενο της συμβολής ή της περίθλασης Αναφορά στο γεγονός ότι τα πιο πάνω φαινόμενα είναι καθαρά κυματικά	**1 μον.** **1 μον.**

(β) Η Εικόνα 13.1 παρουσιάζει μια πειραματική διάταξη, η οποία χρησιμοποιήθηκε στο σχολείο για τη μελέτη της κυματικής φύσης του φωτός.



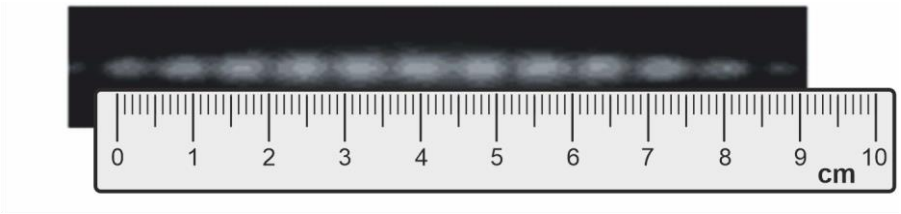
Εικόνα 13.1

i. Στο πείραμα οι δύο σχισμές του διαφράγματος συμπεριφέρονται ως δύο σύμφωνες πηγές. Να γράψετε πότε δύο πηγές ονομάζονται «σύμφωνες».

(1 μονάδα)

Πηγές που έχουν ίδια περίοδο/συχνότητα και σταθερή διαφορά φάσης	**1 μον.**

ii. Η Εικόνα 13.2 παρουσιάζει ένα μοτίβο φωτεινών κροσσών που παρατηρείται στην οθόνη.



Εικόνα 13.2

Να υπολογίσετε, από την Εικόνα 13.2, τη μέση απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών φωτεινών κροσσών.

(2 μονάδες)

Μέτρηση της απόστασης ανάμεσα στα κέντρα δύο **μη διαδοχικών** κροσσών, π.χ.: $S = (8{,}0\ \text{cm} - 4{,}0\ \text{cm}) = 4{,}0\ \text{cm}\ (\pm 0{,}1\ \text{cm})$	**1 μον.**
Υπολογισμός της μέσης απόστασης μεταξύ δύο διαδοχικών κροσσών: $\Delta x = \frac{S}{5} = 0{,}80\ \text{cm}\ (\pm 0{,}02\ \text{cm})$	**1 μον.**

iii. Η απόσταση ανάμεσα στις σχισμές είναι $0{,}30\ \text{mm}$ και μεταξύ των σχισμών και της οθόνης είναι $4{,}66\ \text{m}$. Να υπολογίσετε το μήκος κύματος του LASER.

(2 μονάδες)

$\lambda = \left(\frac{0{,}30 \times 10^{-3}\ \mathrm{m}}{4{,}66\ \mathrm{m}}\right)(0{,}8 \times 10^{-2}\ \mathrm{m})$	**1 μον.**
$\lambda \simeq 5{,}15 \times 10^{-7}\mathrm{m} = 515\ \mathrm{nm}$	**1 μον.**

iv. Να αναφέρετε ένα πλεονέκτημα και ένα μειονέκτημα που έχει η τοποθέτηση της οθόνης σε μεγάλη απόσταση από το διάφραγμα διπλής σχισμής.

(2 μονάδες)

Αναφορά σε ένα οποιοδήποτε ορθό πλεονέκτημα, π.χ.: Εξασφαλίζει μεγαλύτερη απόσταση μεταξύ των φωτεινών κροσσών [μπορεί να μετρηθεί με μικρότερη % αβεβαιότητας]	**1 μον.**
Αναφορά σε ένα οποιοδήποτε ορθό μειονέκτημα, π.χ.: Ελαττώνεται η ένταση των φωτεινών κροσσών [τόσο πιο δύσκολο να τους διακρίνει κάποιος]	**1 μον.**

v. Στη διάταξη αντικαθιστούμε το LASER με άλλο, μεγαλύτερου μήκους κύματος. Να γράψετε μια διαφορά που θα παρατηρήσουμε στο νέο μοτίβο φωτεινών κροσσών που θα προκύψει, σε σχέση με το προηγούμενο μοτίβο.

(1 μονάδα)

Αναφορά σε **ένα** από τα ακόλουθα σημεία: ✓ Η απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών κροσσών συμβολής μεγαλώνει (ή μειώνεται το πλήθος των κροσσών συμβολής σε δεδομένο χώρο) ✓ Αλλάζει το χρώμα των φωτεινών κροσσών συμβολής ✓ Οι φωτεινοί κροσσοί συμβολής μπορεί να γίνουν πιο φαρδιοί	**1 μον.**

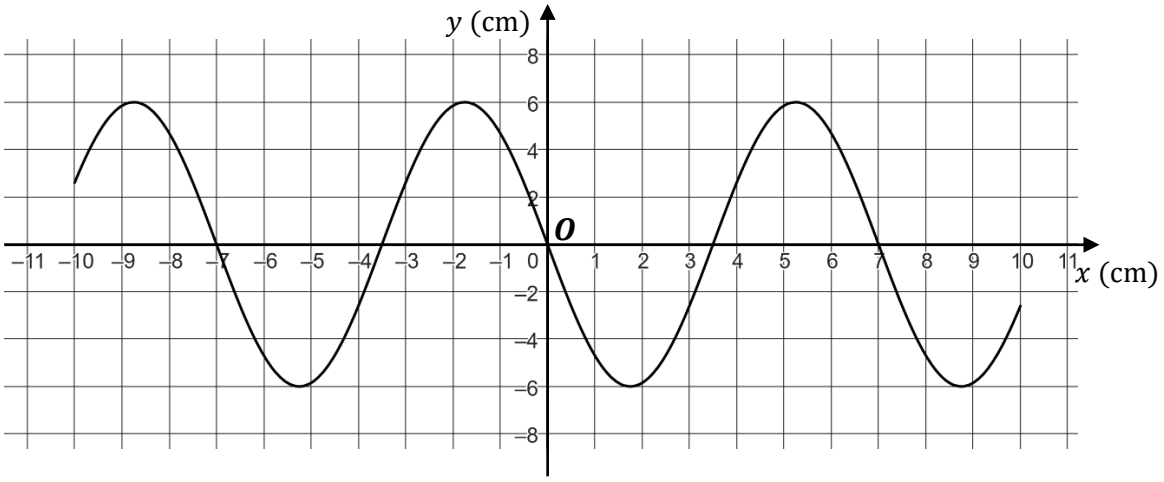
Ερώτηση 14

(α) Να αναφέρετε τις προϋποθέσεις για τη δημιουργία ενός στάσιμου κύματος.

(2 μονάδες)

Αναφορά στα ακόλουθα σημεία: ✓ Δύο κύματα (ίδιας φύσης) που διαδίδονται στο ίδιο ελαστικό μέσο και συμβάλλουν καθώς κινούνται προς αντίθετες κατευθύνσεις ✓ Τα κύματα να έχουν ίδια συχνότητα/περίοδο (και ίδιο πλάτος)	**1 μον.** **1 μον.**

(β) Σε μια δεξαμενή κυματισμών δύο σύμφωνες σημειακές πηγές, Α και Β, ταλαντώνονται στην κατακόρυφη διεύθυνση y με το ίδιο πλάτος ταλάντωσης και δημιουργούν στην επιφάνεια του νερού κυκλικά κύματα. Στη Γραφική Παράσταση 14.1 παρουσιάζεται ένα στιγμιότυπο τμήματος του στάσιμου κύματος που δημιουργείται πάνω στην ευθεία μεταξύ των δύο πηγών Α και Β, για $-10\ \text{cm} < x < +10\ \text{cm}$. Η αρχή των αξόνων O βρίσκεται στο μέσο των δύο πηγών.



Γραφική Παράσταση 14.1

i. Να εξηγήσετε κατά πόσον οι δύο πηγές έχουν μηδενική διαφορά φάσης ή έχουν διαφορά φάσης π rad.

(2 μονάδες)

Αναφορά στη διαφορά φάσης των δύο πηγών: $\Delta\phi = \pi$ rad	**1 μον.**
Εξήγηση: Γιατί στο σημείο (0,0) (που ισαπέχει από τις πηγές) υπάρχει δεσμός, που είναι αποτέλεσμα καταστροφικής συμβολής	**1 μον.**

ii. Να υπολογίσετε τον αριθμό των υπερβολών καταστροφικής συμβολής και τον αριθμό των υπερβολών ενισχυτικής συμβολής που δημιουργούνται στην επιφάνεια της δεξαμενής και τέμνουν τον άξονα των x, για $-10\ \text{cm} < x < +10\ \text{cm}$.

(2 μονάδες)

5 υπερβολές καταστροφικής συμβολής	**1 μον.**
6 υπερβολές ενισχυτικής συμβολής	**1 μον.**

iii. Εάν η ταχύτητα διάδοσης των κυμάτων που δημιουργούν οι δύο πηγές είναι $4{,}9\ \mathrm{m/s}$ να υπολογίσετε τη συχνότητα των πηγών.

(2 μονάδες)

$\lambda = 7\ \mathrm{cm} = 0{,}07\ \mathrm{m}$	**1 μον.**
$f = \dfrac{\upsilon}{\lambda} = \dfrac{4{,}9\,\dfrac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}}{0{,}07\ \mathrm{m}} = 70\ \mathrm{Hz}$	**1 μον.**

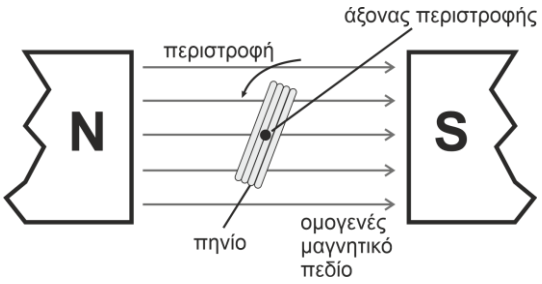
iv. Η ταχύτητα διάδοσης των κυμάτων εξαρτάται από το βάθος του νερού: όσο πιο βαθύ είναι το νερό, τόσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητα διάδοσης. Να εξηγήσετε πώς θα μεταβληθεί ο αριθμός των υπερβολών συμβολής, εάν για τις ίδιες πηγές A και B (χωρίς να μεταβάλουμε τη συχνότητα ή την απόσταση των πηγών), μειώσουμε αρκετά το βάθος του νερού στη δεξαμενή κυματισμών.

(2 μονάδες)

Εξάρτηση του μήκους κύματος από το βάθος του νερού: $(\text{Βάθος}: \downarrow \Rightarrow)\ \text{Ταχύτητα}: \downarrow \xrightarrow{(f=\text{σταθερή})} \lambda: \downarrow$	**1 μον.**
$\Rightarrow$ Αυξάνεται ο αριθμός υπερβολών συμβολής	**1 μον.**

Ερώτηση 15

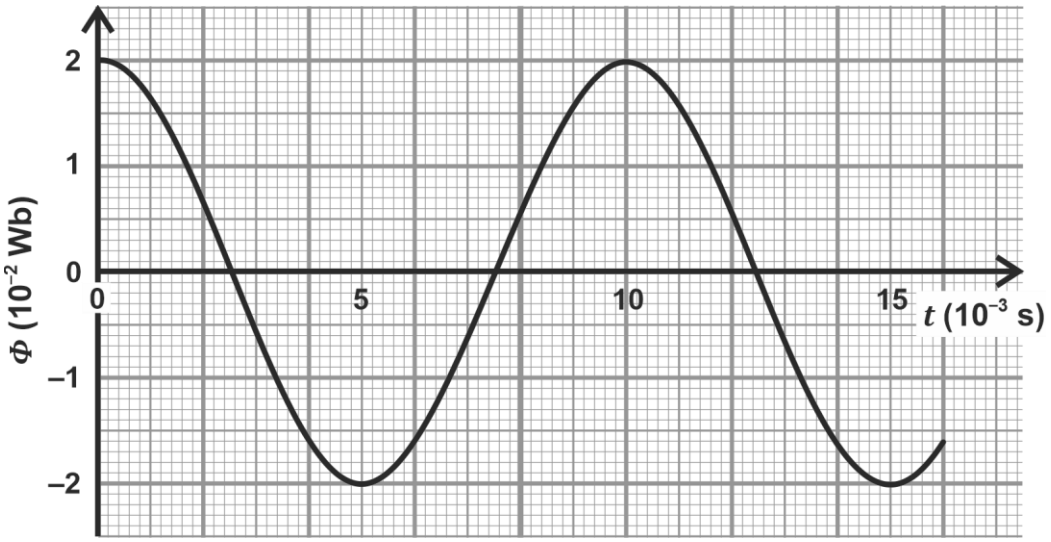
Ένα πηνίο περιστρέφεται με σταθερή συχνότητα μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο, ως προς άξονα που είναι κάθετος στη σελίδα, όπως φαίνεται στην Εικόνα 15.1.



Εικόνα 15.1

Το πηνίο αποτελείται από 500 σπείρες, καθεμιά από τις οποίες έχει εμβαδόν $2{,}5 \times 10^{-3}\ \mathrm{m}^2$.

Η Γραφική Παράσταση 15.1 παρουσιάζει πώς μεταβάλλεται η μαγνητική ροή στο εσωτερικό του πηνίου με τον χρόνο.



Γραφική Παράσταση 15.1

(α) Να υπολογίσετε τον αριθμό των περιστροφών ανά λεπτό που κάνει το πηνίο.

(2 μονάδες)

$T = 10 \times 10^{-3}\ \text{s} \Rightarrow f = 100\ \text{s}^{-1}$	**1 μον.**
$\text{Αριθμός στροφών ανά λεπτό (rpm)} = (100\ \text{s}^{-1})\left(\frac{60\ \text{s}}{1\ \text{min}}\right) = 6000$	**1 μον.**

(β) Να προσδιορίσετε το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου.

(2 μονάδες)

$\Phi_{\mu\varepsilon\gamma} = N\lvert\vec{B}\rvert A \Rightarrow \lvert\vec{B}\rvert = \frac{\Phi_{\mu\varepsilon\gamma}}{NA}$	**1 μον.**
$\lvert\vec{B}\rvert = \frac{2 \times 10^{-2}\ \text{Wb}}{500 \cdot (2{,}5 \times 10^{-3}\ \text{m}^2)} = 0{,}016\ \text{T}$	**1 μον.**

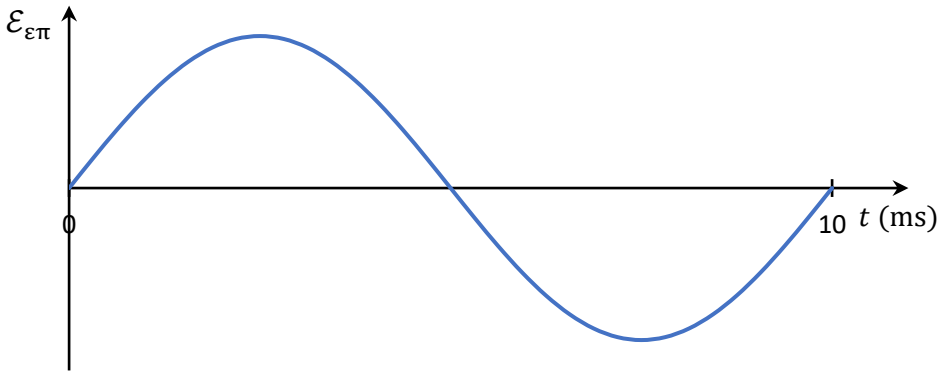
(γ) **i.** Να υπολογίσετε τη μέγιστη τιμή της επαγόμενης ηλεκτρεγερτικής δύναμης (ΗΕΔ) που δημιουργείται από την περιστροφή του πηνίου.

(3 μονάδες)

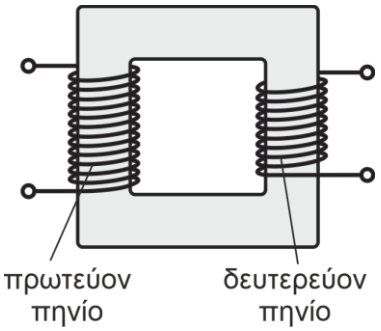
$\mathcal{E}_{\varepsilon\pi}(t) = -\frac{d\Phi(t)}{dt} = -\frac{d}{dt}\left[\Phi_{\mu\varepsilon\gamma}\ \sigma\upsilon\nu(2\pi f \cdot t)\right] = \left(2\pi f \cdot \Phi_{\mu\varepsilon\gamma}\right)\eta\mu(2\pi f \cdot t)$	**1 μον.**
$\mathcal{E}_{\varepsilon\pi,\mu\varepsilon\gamma} = \left(2\pi f \cdot \Phi_{\mu\varepsilon\gamma}\right)$	**1 μον.**
$\mathcal{E}_{\varepsilon\pi,\mu\varepsilon\gamma} = 2\pi(100\ \text{Hz})(2 \times 10^{-2}\ \text{Wb}) \simeq 12{,}6\ \text{V}$	**1 μον.**

ii. Να σχεδιάσετε, για το χρονικό διάστημα $0 \le t \le 10 \times 10^{-3}\ \text{s}$, το γράφημα της επαγόμενης ΗΕΔ σε συνάρτηση με τον χρόνο.

(2 μονάδες)

Ορθή περίοδος: $T = 10\ \text{ms}$ Ορθή μορφή  	**1 μον.** **1 μον.**

(δ) Η επαγόμενη ΗΕΔ του Ερωτήματος (γ) εφαρμόζεται στο πρωτεύον κύκλωμα του μετασχηματιστή της Εικόνας 15.2.



Εικόνα 15.2

Να συγκρίνετε τη μέγιστη ΗΕΔ στο πρωτεύον με τη μέγιστη ΗΕΔ που εμφανίζεται στο δευτερεύον πηνίο του μετασχηματιστή.

(1 μονάδα)

Η μέγιστη ΗΕΔ στο πρωτεύον πηνίο είναι μεγαλύτερη από τη μέγιστη ΗΕΔ στο δευτερεύον πηνίο	**1 μον.**

ΤΕΛΟΣ ΟΔΗΓΟΥ ΒΑΘΜΟΛΟΓΗΣΗΣ