Γ΄ Λυκείου

24 Απριλίου 2004

Θεωρητικό Μέρος

Θέμα 1ο

Α.

Στο διάγραμμα φαίνονται μερικές από τις πιθανές ενεργειακές στάθμες ενός ατόμου υδραργύρου (Hg).

Ένα ηλεκτρόνιο με κινητική ενέργεια $14{,}40 \cdot 10^{-19}$ J συγκρούεται με ένα άτομο Hg που βρίσκεται στη θεμελιώδη του κατάσταση στο εσωτερικό του κυλινδρικού σωλήνα ενός λαμπτήρα φθορισμού και το διεγείρει. Αν αγνοηθεί η μεταβολή στην ορμή του ατόμου του Hg.

i) Ποια είναι η πιθανή ενέργεια που θα έχει το ελεύθερο ηλεκτρόνιο μετά τη σύγκρουση;

Α. $14{,}80 \cdot 10^{-19}$ J
Β. $10{,}72 \cdot 10^{-19}$ J
Γ. $7{,}84 \cdot 10^{-19}$ J
Δ. $6{,}24 \cdot 10^{-19}$ J
Ε. $0{,}32 \cdot 10^{-19}$ J

ii) Το άτομο του Hg αποδιεγείρεται και εκπέμπει δύο φωτόνια με μήκη κύματος που ανήκουν στις υπεριώδεις ακτινοβολίες. Ποια είναι τα μήκη κύματος των εκπεμπόμενων φωτονίων; Δίνονται: $h = 6{,}63 \cdot 10^{-34}$ J·s , $c = 3 \cdot 10^{8}$ m/s.

Β.

Αναλάβατε να εργαστείτε στις καλοκαιρινές σας διακοπές σε ένα εργαστήριο βιοϊατρικής μηχανικής οποίο γίνεται έρευνα πάνω στην τεχνολογία βελτίωσης της ακοής. Από την βιβλιογραφία μάθατε ότι ο έξω ακουστικός πόρος του ανθρώπινου αυτιού, συμπεριφέρεται σαν ένας σωλήνας με μήκος περίπου 2,7 cm γεμάτος με αέρα. Το ένα άκρο του ακουστικού πόρου είναι ανοικτό και το άλλο κλειστό λόγω του τυμπανικού υμένα. Αναρωτηθήκατε αν υπάρχει σχέση μεταξύ της ευαισθησίας στην ακοή και των στάσιμων κυμάτων και για το λόγο αυτό υπολογίσατε τις τρεις χαμηλότερες συχνότητες των στάσιμων κυμάτων που είναι δυνατόν να υπάρχουν στον ακουστικό πόρο. Από ένα βιβλίο Φυσικής, βρήκατε ότι η ταχύτητα του ήχου στον αέρα στις συνθήκες που επικρατούν στο χώρο του ακουστικού πόρου είναι 343 m/s. Ποιες είναι οι συχνότητες αυτές;

Γ.

Δύο σύγχρονες πηγές $Π_1$ και $Π_2$ απέχουν 4 cm και δημιουργούν κύματα στην ήρεμη επιφάνεια νερού. Τα κύματα αυτά έχουν μήκος κύματος 2 cm. Να αποδείξετε ότι όλα τα σημεία της ευθείας που ορίζουν οι πηγές εκτός από αυτά που ανήκουν στο ευθύγραμμο τμήμα που συνδέει τις πηγές, είναι σημεία στα οποία έχουμε ενισχυτική συμβολή.

Δ.

Ποια από τις παρακάτω εξισώσεις αντιστοιχεί σε τρέχων κύμα, ποια σε στάσιμο κύμα και ποια σε απλή αρμονική ταλάντωση. Αυτή που περισσεύει, σε τι αντιστοιχεί;

α. $\psi = 4$ συν($\pi\chi$) ημ(0,1πt)

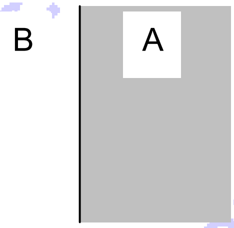
β. $\psi = 3$ συν(π) ημ2π(4t-0,2x)

γ. $\psi = 5$ συν(πt) ημ(101πt)

δ. $\psi = 0{,}1$ συν(π) ημ(8πt)

Ε.

Ακτίνα μονοχρωματικού φωτός προσπίπτει στη διαχωριστική επιφάνεια δύο μέσων (που φαίνεται στο διπλανό σχήμα) από το μέσον Α προς το μέσον Β με γωνία πρόσπτωσης $\theta = 60^o$. Αν ο δείκτης διάθλασης του Α είναι $n_A = 2{,}2$ και ο δείκτης διάθλασης του Β είναι $n_B = 1{,}1$ να σχεδιάσετε την πορεία της. Στο σχήμα να φαίνονται οι γωνίες και οι τιμές τους. Να εξηγήσετε πλήρως την απάντησή σας.



Συνοπτικές απαντήσεις/ λύσεις:

Α.

i) Η πιθανή μείωση της κινητικής ενέργειας του ηλεκτρονίου που προκάλεσε τη διέγερση θα είναι μια από τις παρακάτω:

$E_4 - E_3 = 14{,}08 \cdot 10^{-19}$J

$E_3 - E_2 = 2{,}88 \cdot 10^{-19}$J

$E_2 - E_1 = 7{,}84 \cdot 10^{-19}$J

Αφαιρούμε λοιπόν από την αρχική κινητική του ενέργεια που ήταν $14{,}40 \cdot 10^{-19}$J, την πρώτη πιθανή μείωση και βρίσκουμε $0{,}32 \cdot 10^{-19}$J, αφαιρούμε τη δεύτερη και βρίσκουμε $11{,}52 \cdot 10^{-19}$J, αφαιρούμε την τρίτη και βρίσκουμε $6{,}56 \cdot 10^{-19}$J

Συνεπώς σωστή απάντηση είναι η Ε.

ii) Το άτομο του Hg θα έχει διεγερθεί στην 4η ενεργειακή στάθμη όπότε οι πιθανές αποδιεγέρσεις του θα είναι:

Από την 4 στην 3 στην 2 στην 1 (απορρίπτεται γιατί εκπέμπονται 3 φωτόνια)

Από την 4 στην 3 στην 1 (απορρίπτεται γιατί το πρώτο ανήκει στο ορατό)

Από την 4 στην 2 στην 1 Αυτή είναι η αποδιέγερση στην οποία εκπέμπονται δύο φωτόνια που ανήκουν στις υπεριώδεις ακτινοβολίες.

Θα ισχύει: $\frac{hc}{\lambda} = E_4 - E_2$ από την οποία προκύπτει $\lambda = 318{,}75$nm

και $\frac{hc}{\lambda} = E_2 - E_1$ από την οποία προκύπτει $\lambda = 253{,}70$nm

Β.

Τα ηχητικά κύματα που διαδίδονται στην αέρια στήλη του ακουστικού πόρου είναι διαμήκη κύματα. Για να δημιουργείται ταλάντωση στάσιμου κύματος από ανάκλαση θα πρέπει οι συχνότητες των κυμάτων αυτών να έχουν διακεκριμένες τιμές. Είναι δηλαδή «κβαντωμένες».

Σύμφωνα με το μοντέλο που περιγράφεται στην εκφώνηση του προβλήματος μπορούμε να δεχθούμε ότι στο κλειστό από τον τυμπανικό υμένα άκρο θα έχουμε δεσμό μετατόπισης, όπως συμβαίνει και με το στερεωμένο άκρο ενός νήματος. Στο ανοικτό άκρο θα έχουμε προσεγγιστικά αντιδεσμό μετατόπισης που είναι ανάλογος με τις κοιλίες στα εγκάρ-

σια κύματα. Έτσι λοιπόν θα ισχύει ότι: $L=k\frac{\lambda}{2}+\frac{\lambda}{4}$ δηλαδή : $L=(2k+1)\ \frac{\lambda}{4}$ (1) όπου L το μήκος του ακουστικού πόρου λ το μήκος κύματος των κυμάτων και k=0,1,2,3,…
Επειδή όμως $c = \lambda f$ θα είναι $\lambda=c/f$ (2) όπου c η ταχύτητα διάδοσης του ήχου στον αέρα και f η συχνότητα των ηχητικών κυμάτων.
Θέτοντας την (2) στην (1) και λύνοντας ως προς f βρίσκουμε τις ιδιοσυχνότητες του σωλήνα (ακουστικού πόρου) οι οποίες είναι: $f = (2k+1)\ \frac{c}{4L}$ (3)
Αντικαθιστώντας τις τιμές k=0,1,2 στην (3) βρίσκουμε τις τρεις χαμηλότερες συχνότητες οι οποίες είναι: $f_0 = 3175{,}9$ Hz, $f_1 = 9527{,}7$ Hz και $f_3 = 15879{,}6$ Hz

Γ.

Για κάθε ένα από τα σημεία αυτά η διαφορά των αποστάσεών του από τις πηγές είναι 4 cm, δηλαδή διπλάσια από το μήκος κύματος των κυμάτων που συμβάλλουν. Συνεπώς θα έχουμε ενισχυτική συμβολή σε όλα αυτά τα σημεία αφού η διαφορά των αποστάσεών τους από τις πηγές είναι ακέραιο πολλαπλάσιο του μήκους κύματος.

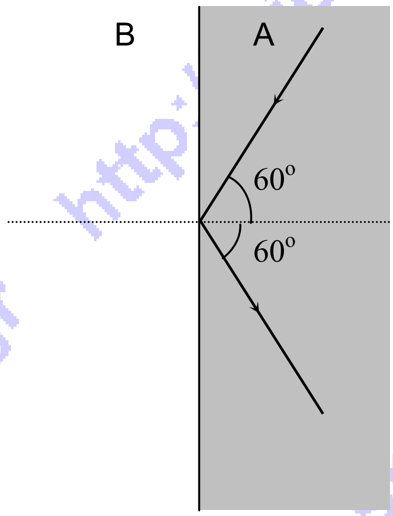
Δ.

α) Στάσιμο κύμα
β) Τρέχον κύμα
δ) Απλή αρμονική ταλάντωση
Η γ) αντιστοιχεί σε μια ιδιόμορφη ταλάντωση της οποίας το πλάτος αυξομειώνεται αργά από 0 έως 5. Παρουσιάζει δηλαδή διακροτήματα.

Ε.

Η κρίσιμη γωνία υπολογίζεται από τη σχέση $ημ\,\theta_{cr} = \frac{n_B}{n_A}$ από την οποία έχουμε: $ημ\,\theta_{cr} = 0{,}5$ δηλαδή: $\theta_{cr} = 30^0$.

Στην περίπτωσή μας όμως η γωνία προσπτώσεως είναι $\theta = 60^0$. Επειδή λοιπόν η γωνία προσπτώσεως είναι μεγαλύτερη της κρίσιμης θα συμβεί ολική ανάκλαση και έτσι η πορεία της δέσμης θα είναι αυτή που φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:



Θέμα 2° "Η τελετή έναρξης των Ολυμπιακών Αγώνων του 2004 στην Αθήνα"

Υποθέστε ότι σας έχει ανατεθεί να βοηθήσετε, με τις γνώσεις σας στη Φυσική, τον σχεδιασμό της τελετής έναρξης των Ολυμπιακών αγώνων του 2004. Μία από τις ιδέες των χορογράφων είναι αθλητές με πατίνια αφού επιταχυνθούν να πιάνονται ο καθένας από ένα μεγάλο δακτύλιο (το σύμβολο των Ολυμπιακών αγώνων). Κάθε δακτύλιος κρατιέται οριζόντιος στο ύψος των ώμων του αθλητή με ένα κατακόρυφο πάσσαλο ο οποίος είναι προσκολλημένος στην περιφέρεια του δακτυλίου με τέτοιο τρόπο ώστε ο δακτύλιος να μπορεί να περιστρέφεται οριζόντια γύρω από τον πάσαλο χωρίς τριβές.

Ο σχεδιασμός προβλέπει ο αθλητής να αρπάζει τον δακτύλιο στο αντιδιαμετρικό σημείο από το σημείο στο οποίο είναι προσκολλημένος ο πάσσαλος και στη συνέχεια κρατώντας το δακτύλιο να ολισθαίνει γύρω από τον πάσσαλο σε κυκλική τροχιά. Σας ζητείται λοιπόν να υπολογίσετε την ελάχιστη ταχύτητα που πρέπει να έχει ο αθλητής λίγο πριν αρπάξει τον δακτύλιο ώστε να εκτελέσει τουλάχιστον μία περιφορά γύρω από τον πάσσαλο.

Ο αθλητής θα κινείται εφαπτομενικά στο δακτύλιο λίγο πριν τον πιάσει.

Δίνονται: Η ακτίνα του δακτυλίου R = 4 m, η μάζα του δακτυλίου M = 10 Kg, η μάζα του αθλητή m = 70 Kg και η σταθερή δύναμη που αντιστέκεται στην κίνηση του αθλητή είναι F = 150/π N.

Συνοπτικές απαντήσεις/ λύσεις:

Από την αρχή διατήρησης της στροφορμής, στο σύστημα αθλητής – δακτύλιος, λίγο πριν και αμέσως μετά την προσκόλληση του αθλητή στον δακτύλιο έχουμε: $mu2R = I\omega$ (1) όπου I η ροπή αδράνειας του συστήματος και ω η γωνιακή ταχύτητά του αμέσως μετά την προσκόλληση.
Η ροπή αδράνειας του δακτυλίου ως προς κατακόρυφο άξονα που περνά από το κέντρο μάζας του είναι $I_{cm} = MR^2$.
Από το θεώρημα Steiner η ροπή αδράνειας του δακτυλίου ως προς τον άξονα περιστροφής του θα είναι: $I_1 = MR^2 + MR^2 = 2MR^2$.
Επειδή ο αθλητής απέχει $2R$ από τον πάσσαλο η ροπή αδράνειάς του θα είναι:

$$I_2 = m(2R)^2 = 4mR^2.$$

Έτσι λοιπόν: $I = I_1 + I_2$ δηλαδή $I = 2MR^2 + 4mR^2$ (2)
Από το Θεώρημα Μεταβολής της Κινητικής Ενέργειας για το σύστημα μέχρι αυτό να σταματήσει μετά από μια περιστροφή έχουμε: $0 - \frac{1}{2} I\omega^2 = -F2R2\pi$ (3)

Η (3) με τη βοήθεια της (2) δίνει: $\omega = \sqrt{\dfrac{4\pi RF}{MR^2 + 2mR^2}}$ (4)

Αντικαθιστώντας την (4) στην (1) και λύνοντας ως προς u έχουμε:

$$u = \frac{2MR^2 + 4mR^2}{m2R}\sqrt{\frac{4\pi RF}{MR^2 + 2mR^2}} \quad \text{ή} \quad u = \frac{R(M+2m)}{m}\sqrt{\frac{4\pi RF}{MR^2 + 2mR^2}} \quad \text{ή}$$

$$u = \sqrt{\frac{4\pi RFR^2(M+2m)^2}{m^2R^2(M+2m)}} \quad \text{ή} \quad u = \sqrt{\frac{(M+2m)4\pi RF}{m^2}} \quad 5)$$

Αντικαθιστώντας έχουμε: $u = \sqrt{\dfrac{150 \cdot 4\pi \cdot 4 \cdot 150}{\pi \cdot 4900}}$ m/s δηλαδή $u = \dfrac{150 \cdot 4}{70} m/s$ = 8,57m/s

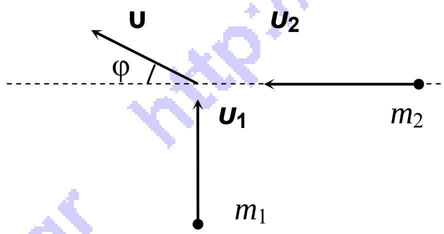
Θέμα 3ο

Α. ''Τροχαίο Ατύχημα''

Η φίλη σας είχε πρόσφατα ένα τροχαίο ατύχημα και προσπαθεί να διαπραγματευθεί με την ασφαλιστική εταιρεία του άλλου οδηγού προκειμένου να της φτιάξει το αυτοκίνητο.

Η φίλη σας θεωρεί ότι το άλλο αυτοκίνητο είχε υπερβεί το όριο ταχύτητας και συνεπώς το λάθος ήταν του άλλου οδηγού. Γνωρίζει ότι ξέρετε Φυσική και ελπίζει ότι θα μπορέσετε να αποδείξετε τον ισχυρισμό της. Σας είπε λοιπόν ότι ταξίδευε προς τον Βορρά όταν μπήκε στην μοιραία διασταύρωση. Δεν υπήρχε σήμα ΄΄Στοπ΄΄, κοίταξε και προς τις δύο κατευθύνσεις και δεν είδε κανένα αυτοκίνητο να πλησιάζει. Ήταν μια ηλιόλουστη μέρα. Όταν έφθασε στο μέσον της διασταύρωσης, το αυτοκίνητό της συγκρούστηκε με το άλλο αυτοκίνητο που κινούταν προς την Δύση. Τα δύο αυτοκίνητα μετά τη σύγκρουση παρέμειναν ενωμένα και ολίσθησαν μέχρι να σταματήσουν. Το όριο ταχύτητας και στους δύο δρόμους ήταν 80 km/h. Από τα σημάδια που είναι ακόμη ορατά στο δρόμο, βρήκατε ότι μετά τη σύγκρουση τα αυτοκίνητα ολίσθησαν 10 m πριν σταματήσουν, με κατεύθυνση Βορειοδυτικά που σχημάτιζε γωνία 30^o με την κατεύθυνση Ανατολής - Δύσης. Από την αναφορά της τροχαίας πήρατε τη μάρκα και τη χρονολογία των δύο αυτοκινήτων, και βρήκατε ότι η μάζα του αυτοκινήτου της φίλης σας ήταν 1200 kg, ενώ αυτή του άλλου αυτοκινήτου ήταν 1000 kg, συμπεριλαμβανομένων των οδηγών. Επίσης βρήκατε ότι ο συντελεστής τριβής ολίσθησης των ελαστικών στη στεγνή άσφαλτο είναι μ=0,8 και το $g \approx 10$ m/s^2. Για να πείσετε την ασφαλιστική εταιρία δεν θα είναι αρκετό να αποδείξετε ότι ο άλλος οδηγός παραβίασε το όριο ταχύτητας αλλά ότι η φίλη σας κινούταν με ταχύτητα κάτω του ορίου ταχύτητας. Ποια είναι τα αποτελέσματά σας.

Συνοπτικές απαντήσεις/ λύσεις:



$m_1 = 1200$kg
$m_2 = 1000$kg
$\mu = 0{,}8$
$\varphi = 30^o$
S = 10m
υ_{op} = 80km/h δηλαδή υ_{op} = 22,22m/s

Από το Θεώρημα μεταβολής της κινητικής ενέργειας για το συσσωμάτωμα από τη στιγμή αμέσως μετά την κρούση μέχρι τη στιγμή που σταματά έχουμε:

$0-\frac{1}{2}(m_1+m_2)V^2 = -\mu(m_1+m_2)\,g\,S$ οπότε: $\upsilon = \sqrt{2\mu g S}$

από την οποία παίρνουμε $\upsilon=4\sqrt{10}$ m/s.

Οι συνιστώσες της υ θα είναι $\upsilon_x = \upsilon$συνφ και $\upsilon_\psi = \upsilon$ημφ

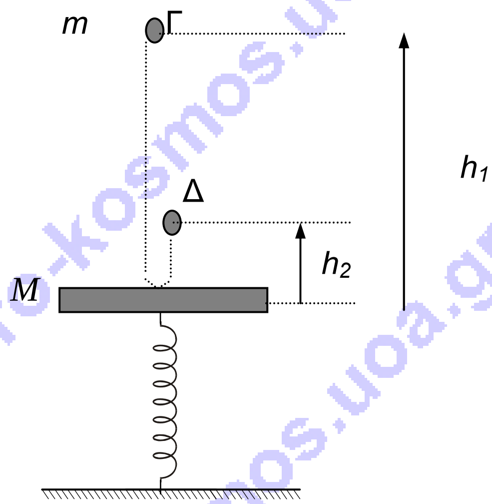
Από τις οποίες έχουμε : $\upsilon_x = 2\sqrt{30}$ m/s και $\upsilon_\psi = 2\sqrt{10}$ m/s

Επειδή μπορούμε να θεωρήσουμε το σύστημα των δυο αυτοκινήτων μονωμένο λίγο πριν και αμέσως μετά την κρούση θα διατηρείται η ορμή του. Σε κάθε άξονα λοιπόν θα έχουμε:

$m_2\upsilon_2 = (m_1+m_2)\upsilon_x$ Από την οποία βρίσκουμε υ_2 = 24,1 m/s

$m_1 \upsilon_1 = (m_1 + m_2)\upsilon_\psi$ Από την οποία βρίσκουμε $\upsilon_1 = 11{,}57$ m/s
Η ταχύτητα λοιπόν του άλλου οδηγού ήταν μεγαλύτερη από το όριο και της φίλης μας μικρότερη.

Β.



Το κατακόρυφο ελατήριο του σχήματος έχει σταθερά K=192 N/m και στο πάνω άκρο του ισορροπεί μια μεταλλική πλάκα μάζας M που έχει προσδεθεί σε αυτό. Ένα μεταλλικό σφαιρίδιο μάζας m και αμελητέων διαστάσεων αφήνεται χωρίς αρχική ταχύτητα από το σημείο Γ που βρίσκεται στην ίδια ευθεία με το ελατήριο και απέχει από τη μεταλλική πλάκα απόσταση h_1 =1,8 m. Η κρούση του σφαιριδίου με την πλάκα είναι μετωπική, διαρκεί αμελητέο χρόνο και το σφαιρίδιο μετά την κρούση φθάνει σε ύψος h_2= 0,2 m από τη θέση της κρούσης. Η πλάκα κινείται προς τα κάτω και η μέγιστη απόστασή της από τη θέση της κρούσης είναι 1/3 m. Το σφαιρίδιο και η πλάκα συγκρούονται ξανά καθώς η πλάκα ανεβαίνει και έχει φτάσει για πρώτη φορά στη θέση της πρώτης κρούσης. Δίνονται ακόμη g =10 m/s^2 και θεωρήστε π = 3,2.

Α. Να υπολογίσετε τα μέτρα των ταχυτήτων του μεταλλικού σφαιριδίου ακριβώς πριν και μετά την πρώτη κρούση του με την πλάκα.

Β. Να εκφράσετε την κινητική ενέργεια της μεταλλικής πλάκας σε συνάρτηση με το χρόνο, από την στιγμή που αυτή ξεκινά να κινηθεί (t=0) ως την στιγμή πριν ακριβώς την δεύτερη κρούση.

Γ. Να προσδιορίσετε τις μάζες M και m

Δ. Να εξετάσετε αν η πρώτη κρούση είναι ελαστική ή όχι.

Συνοπτικές απαντήσεις/ λύσεις:

Α. Έστω υ η ταχύτητα πρόσκρουσης του σφαιριδίου στην πλάκα και υ΄ η ταχύτητα ανάκλασής του από αυτή:

$$mgh_1 = \tfrac{1}{2} m\upsilon^2 \Rightarrow \upsilon = \sqrt{2gh_1} \Rightarrow \upsilon = 6 \text{ m/s} \quad (1)$$

$$\tfrac{1}{2} m\, \upsilon'^2 = mgh_2 \Rightarrow \upsilon' = \sqrt{2gh_2} \Rightarrow \upsilon' = 2 \text{ m/s} \quad (2)$$

Β. Η ενέργεια ταλάντωσης της πλάκας είναι $E_T = \tfrac{1}{2} DA^2$ ή $E_T = \tfrac{1}{2} KA^2$ (3) και

η δυναμική ενέργεια της ταλάντωσης $U = \tfrac{1}{2} Dy^2$ ή $U = \tfrac{1}{2} Ky^2$ (ισχύει ότι $|y| = A\,|\eta\mu\, \omega t|$) οπότε: $U = \tfrac{1}{2} K A^2\, \eta\mu^2\, \omega t$ (4)

Επειδή: $E_T = E_\kappa + U \Rightarrow E_\kappa = E_T - U$ από τις (3) και (4) $E_\kappa = \tfrac{1}{2} KA^2 (1 - \eta\mu^2\, \omega t)$ ή

$E_\kappa = \tfrac{1}{2} KA^2 \sigma\upsilon\nu^2\, \omega t \Rightarrow E_\kappa = \dfrac{32}{3}\, \sigma\upsilon\nu^2\, \omega t$ (5)

Ο χρόνος που μεσολαβεί μεταξύ των δύο κρούσεων είναι ίσος με τα T/2 της ταλάντωσης και μπορούμε να τον υπολογίσουμε με βάση το χρόνο κίνησης του σφαιριδίου, και υπολογίζεται από τη σχέση $t = 2\sqrt{\dfrac{2h_2}{g}}$ => t = 0,4 s. Οπότε T= 0,8 s.

$$\omega = 2\pi / T \Rightarrow \omega = 2{,}5\,\pi \text{ rad/s}$$

Η σχέση (5) γίνεται: $E_\kappa = \dfrac{32}{3}$ συν^2 (2,5πt) (S.I.)

Γ. Η μάζα του δίσκου υπολογίζεται με βάση την περίοδο της ταλάντωσης:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{M}{K}} \Rightarrow M = \frac{T^2K}{4\pi^2} = 3 \text{ Kg}$$

Ενώ η μάζα του σφαιριδίου από την αρχή διατήρησης της ορμής κατά την κρούση:

$$m\upsilon = M\upsilon'_2 - m\upsilon' \Rightarrow m = \frac{M\upsilon'_2}{\upsilon+\upsilon'}\ ,\ \text{το}\ \ \upsilon'_2 = \upsilon_{max} = \omega A = \frac{8}{3}\ \text{m/s, οπότε: } m = 1 \text{ Kg}$$

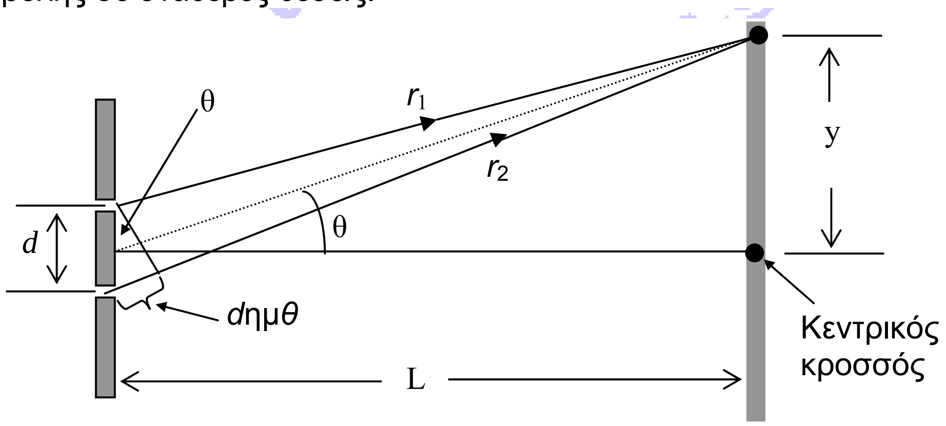
Δ. Αν η κρούση είναι ελαστική θα διατηρείται η κινητική ενέργεια του συστήματος κατά την κρούση: $E_{\kappa\iota\nu.\pi\rho o}$= ½ $m\,\upsilon^2$ => $E_{\kappa\iota\nu.\pi\rho o}$ = 18 J, $E_{\kappa\iota\nu.\mu\varepsilon\tau}$ = ½ $m\,\upsilon'^2$ + ½ M υ'^2_2 ≈ 12.66 J

$E_{\kappa\iota\nu.\pi\rho o} > E_{\kappa\iota\nu.\mu\varepsilon\tau}$ οπότε η κρούση δεν είναι ελαστική

<u>Πειραματικό Μέρος</u> <u>"Μέτρηση του μήκους κύματος φωτός, με πείραμα συμβολής"</u>

Ο Thomas Young, το 1801, ήταν ο πρώτος που επέδειξε φαινόμενα συμβολής και θεμελίωσε την κυματική φύση του φωτός. Συμβολή φωτός από δύο σύμφωνες πηγές μπορούμε να πραγματοποιήσουμε με το παρακάτω πείραμα.

Πηγή μονοχρωματικού φωτός (ερυθρό laser pointer) τοποθετείται πίσω από ένα διάφραγμα με δύο πολύ λεπτές σχισμές που η μεταξύ τους απόσταση d είναι συγκρίσιμη με το μήκος κύματος του ορατού φωτός. Το μέτωπο του κύματος της πηγής φτάνει συγχρόνως στις σχισμές, οπότε αυτές γίνονται νέες πηγές με ίδια συχνότητα και βρίσκονται σε φάση. Το φως από τις δύο νέες πηγές, δίνει σε μία οθόνη, από χαρτί μιλιμετρέ, την εικόνα συμβολής που φαίνεται στο σχήμα. Δημιουργούνται δηλαδή κροσσοί ενισχυτικής ή ακυρωτικής συμβολής σε σταθερές θέσεις.



Η απόσταση του διαφράγματος από την οθόνη είναι L.

Στο σχήμα η οθόνη απέχει από τις σύμφωνες πηγές απόσταση $L >> d$ και έχουμε το αποτέλεσμα της συμβολής σε αποστάσεις $y << L$. Με τις παραπάνω προϋποθέσεις οι ακτίνες r_1,r_2 είναι σχεδόν παράλληλες και επομένως είναι: $r_1 - r_2 = d\,\eta\mu\theta$

και σύμφωνα με τις παραδοχές μας είναι: $\eta\mu\theta \approx \varepsilon\varphi\theta \approx y/L$

άρα $r_1 - r_2 = d\,y/L$

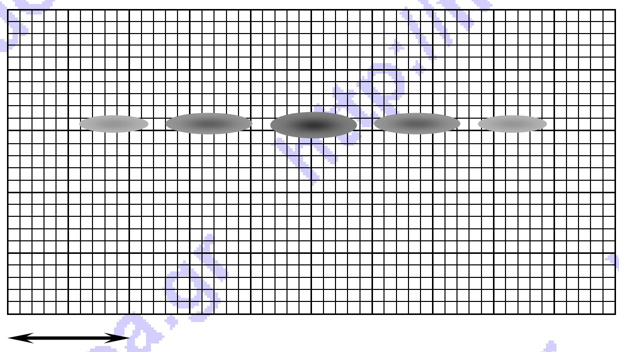
α) Δείξτε ότι αν σε απόσταση y από τον κεντρικό κροσσό έχουμε άλλο φωτεινό κροσσό, δηλαδή έχουμε ενισχυτική συμβολή,

ισχύει: $\lambda = \dfrac{dy}{nL}$ (1)

όπου λ το μήκος κύματος του φωτός και n=1,2,…. Ανάλογα αν αναφερόμαστε στον 1^o τον 2^o κ.λ.π. κροσσό μετά τον κεντρικό.

Τα μήκη *d, L* καθώς και η απόσταση *y* ενός φωτεινού κροσσού n τάξης από τον κεντρικό κροσσό είναι μετρήσιμα, άρα από την τελευταία σχέση μπορεί να υπολογιστεί το μήκος κύματος λ του φωτός της φωτεινής πηγής (laser pointer)

β) Πραγματοποιήθηκε ένα πείραμα στο οποίο οι σχισμές ήταν κατακόρυφες, η μεταξύ τους απόσταση ήταν d = 0,08 mm και η απόσταση του διαφράγματος από την οθόνη ήταν L = 1 m. Στην οθόνη με το χαρτί μιλιμετρέ εμφανίστηκαν κόκκινες φωτεινές κηλίδες (κροσσοί ενισχυτικής συμβολής), όπως δείχνονται στο παρακάτω σχήμα όπου το ερυθρό χρώμα έχει αντικατασταθεί από το γκρι.



Υπολογίστε το μήκος κύματος του φωτός της πηγής δίνοντας τις απαραίτητες εξηγήσεις.

γ) Αν ο κατασκευαστής της φωτεινής πηγής, του πειράματος, δίνει την τιμή 660 nm για το μήκος κύματος του φωτός να υπολογίσετε το % σφάλμα στη μέτρηση της πειραματικής τιμής του λ.

δ) Αν είχαμε πηγή μονοχρωματικού φωτός με μικρότερο μήκος κύματος (π.χ. κατά 200 nm), τι διαφορά θα είχαμε, κατά τη γνώμη σας, στην εικόνα της συμβολής.

Συνοπτικές απαντήσεις/ λύσεις:

α) Δίνεται $r_1 - r_2 = \dfrac{dy}{L}$, αλλά για ενισχυτική συμβολή ισχύει $r_1 - r_2 = n\lambda$

Από τις δύο παραπάνω σχέσεις προκύπτει: $\lambda = \frac{dy}{nL}(1)$

β) Για n = 1 είναι από την εικόνα λ = 8,5mm, οπότε η (1) δίνει λ = 680 nm

β) Το ζητούμενο σφάλμα είναι: $\frac{680 - 660}{660} 100\% = 3{,}03\%$

δ) Για μικρότερο *λ* θα έχουμε και μικρότερο y, άρα οι κροσσοί θα ήταν πιο κοντά.