ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ
ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΑΝΩΤΕΡΗΣ ΚΑΙ ΑΝΩΤΑΤΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ
ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΕΞΕΤΑΣΕΩΝ

ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ
ΓΙΑ ΤΑ ΑΝΩΤΕΡΑ ΚΑΙ ΑΝΩΤΑΤΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΑ ΙΔΡΥΜΑΤΑ

Μάθημα : ΦΥΣΙΚΗ

Ημερομηνία και ώρα εξέτασης : Δευτέρα, 30 Ιουνίου 2003

ΛΥΣΕΙΣ ΑΣΚΗΣΕΩΝ

ΜΕΡΟΣ Α

1) α) Διακρότημα ονομάζουμε μια ταλάντωση της οποίας το πλάτος μεταβάλλεται

$$Y_0 = 2y_0 \sigma\upsilon\nu 2\pi\left(\frac{v_1 - v_2}{2}\right)t$$

περιοδικά με το χρόνο.
ή/ Διακρότημα είναι μια ταλάντωση που προκύπτει από τη σύνθεση δυο ταλαντώσεων της ίδιας διεύθυνσης και πλάτους με συχνότητες σχεδόν ίσες και το πλάτος της μεταβάλλεται περιοδικά με το χρόνο. (μ.3)
$V_\delta = V_2 - V_1 = 5$ HZ

β) $t = T_\delta = \dfrac{1}{v_2 - v_1} = \dfrac{1}{v_\delta} = \dfrac{1}{5} = 0{,}2$ s (μ.2)

2) α)

$$\left.\begin{aligned}\Delta\varphi &= 2\pi\frac{\Delta x}{\lambda}\\ \Delta x &= \frac{3\lambda}{4}\end{aligned}\right\} \Rightarrow \Delta\varphi = 2\pi\frac{3\lambda}{4\lambda} = \frac{6\pi}{4} = \frac{3\pi}{2}$$ (μ.2)

β) $T = \dfrac{1}{v} = \dfrac{1}{0{,}25} = 4$ s

άρα τη χρονική στιγμή $t = t_0 + 1$ s
το σημείο Α θα έχει απομάκρυνση <u>μηδέν</u> (0) (μ.3)

$\Rightarrow \quad t = t_0 + \dfrac{T}{4}$

<u>2^{η} Λύση</u>

Από την εξίσωση ταλάντωσης του σημείου Α .

3) Από τη σχέση $J=J_0\, e^{-\mu x} \Rightarrow \ln J = \ln J_o - \mu x$
(ι) Η γραφική παράσταση της $\ln J = f(x)$ από τη σχέση (ι) προκύπτει ότι είναι ευθεία με κλίση αρνητική όπως και η γραφική παράσταση

(μ-1)

β) $\mu = -\varepsilon\varphi\varphi = -\dfrac{4{,}3-2{,}8}{(2-5).10^{-2}} = 50\ m^{-1}$

$\ln J_o = 5{,}3 \quad \Rightarrow \quad J_o = 200{,}3\ \dfrac{W}{m^2}$ (μ-4)

4) $E_{\varepsilon\pi}=-n\,\dfrac{d\Phi}{dt}$ αλλά $\Phi= BS$ συνωt $\Rightarrow$

$E_{\varepsilon\pi}=-n\,\dfrac{d(B.S.\sigma\upsilon\nu\omega t)}{dt} = n.B.S.\eta\mu(\omega t).\omega$

E=nBSωημωt$=100\cdot 2\cdot 5\cdot 10\cdot 10^{-4}\cdot 10^{2}$ημ100t = 100ημ100t (μονάδες S.I) (μ.5)

5) Τα ηλεκτρόνια που εξέρχονται από την θερμαινόμενη κάθοδο με τη βοήθεια της τάσης ανόδου – καθόδου αποκτούν όταν φθάσουν στην άνοδο μια τεράστια ταχύτητα με την οποία προσπίπτουν στην άνοδο. Στην άνοδο ένα μικρό μέρος των ηλεκτρονίων προκαλεί διέγερση των ηλεκτρονίων των εσωτερικών τροχιών του υλικού της ανόδου τα οποία κατά την αποδιέγερσή τους εκπέμπουν γραμμικό φάσμα των ακτίνων Χ.

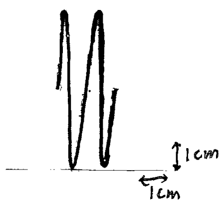
(μ.2.5)

Τα περισσότερα ηλεκτρόνια που κτυπούν στην άνοδο παθαίνουν απότομη επιβράδυνση. Κατά την απότομη αυτή επιβράδυνση των ηλεκτρονίων(μέσα σε ηλεκτρικό πεδίο)εκπέμπεται ηλεκτρομαγνητικό κύμα διαφόρων συχνοτήτων, του οποίου το φάσμα είναι συνεχές.

(μ.2.5)

6. α) Η εικόνα που θα εμφανισθεί στην οθόνη του παλμογράφου θα είναι μια κατακόρυφη γραμμή μήκους 6 cm. (μ.2)

β) Στην οθόνη του παλμογράφου, με βάση τη συχνότητα της σάρωσης και της ευαισθησίας στα πλακίδια θα έχουμε :



(μ.3)

ΜΕΡΟΣ Β΄

7. (α) Όταν το σώμα εκτραπεί κατά x από την θέση ισορροπίας του πάνω του ασκείται δύναμη επαναφοράς ανάλογη με την απομάκρυνση x. (μ.1)

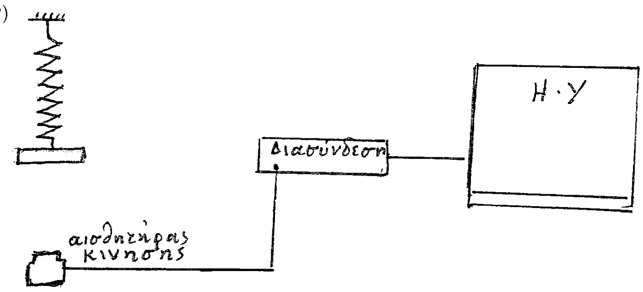
(β) i) Όταν το σώμα βρίσκεται στη θέση ισορροπίας ~~πάνω~~ του ασκείται το βάρος του και μια δύναμη ίση με $k\Delta l_0$ από το ελατήριο. Αφού το σώμα είναι σε ισορροπία.
$mg=k\Delta l_0$ ή $k\Delta l_0=mg$. (1)
Όταν το σώμα βρίσκεται σε τυχαία απομάκρυνση x από τη θέση ισορροπίας, η ολική δύναμη που ασκείται σ' αυτό είναι
$\Sigma F=mg-k(\Delta l_0+x)=mg-k\Delta l_0-kx$, και χρησιμοποιώντας τη σχέση (1)
$\Rightarrow \Sigma F=-kx$ (2). Η ολική δύναμη που ασκείται στο σώμα είναι ανάλογη της απομάκρυνσης x και αντίθετη απ' αυτή οπότε είναι δύναμη επαναφοράς και το σώμα θα εκτελεί Γ.Α.Τ. (μ.3)

ii) Σ' ένα σώμα που εκτελεί Γ.Α.Τ. $\Sigma F=-m\omega^2 x$ (3)
Συγκρίνοντας τη σχέση (3) με τη (2) παίρνουμε $k=m\omega^2 \Rightarrow$

$$k=m\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 \Rightarrow T^2=4\pi^2\frac{m}{k} \quad \text{και} \quad T=2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

(μ.2)

(γ)



Συνδέουμε τον αισθητήρα κίνησης με τη διασύνδεση και τον Ηλεκτρονικό Υπολογιστή. Ο αισθητήρας κίνησης τοποθετείται κάτω από το σώμα που εκτελεί ταλάντωση. Καθώς ταλαντώνεται το σώμα ο αισθητήρας καταγράφει τη θέση του για διάφορες χρονικές στιγμές και στη συνέχεια με κατάλληλες ρυθμίσεις επιτυγχάνουμε να σχεδιάσουμε στην οθόνη του Ηλεκτρονικού Υπολογιστή τη γραφική παράσταση της μετατόπισης και της ταχύτητας σε σχέση με το χρόνο. Από τη γραφική παράσταση μετατόπισης - χρόνου βρίσκουμε το χρόνο που απαιτείται για αριθμό πλήρων ταλαντώσεων για σκοπούς ακρίβειας και στη συνέχεια υπολογίζουμε την περίοδο της ταλάντωσης.

Συγκρίνοντας τις δύο γραφικές παραστάσεις $y=f(t)$ και $u=f(t)$ θα παρατηρήσουμε ότι η φάση της ταχύτητας προηγείται της φάσης της μετατόπισης κατά $\pi/2$ rad. (μ.4)

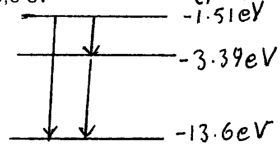
8 (α) Σύμφωνα με την $1^η$ συνθήκη του Bohr, το ηλεκτρόνιο του ατόμου του υδρογόνου μπορεί να περιστρέφεται γύρω από τον πυρήνα μόνο σε καθορισμένες τροχιές, στις οποίες η στροφορμή του ηλεκτρονίου είναι ακέραιο πολλαπλάσιο του $\frac{h}{2\pi}$, δηλαδή

$$mur = n\,\frac{h}{2\pi}$$

Σύμφωνα με τη $2^η$ συνθήκη, όταν τα ηλεκτρόνια περιστρέφονται γύρω από τον πυρήνα στις καθορισμένες από την $1^η$ συνθήκη τροχιές, τότε δεν εκπέμπεται ακτινοβολία. Ακτινοβολία εκπέμπεται όταν ένα ηλεκτρόνιο μεταπηδά από μια επιτρεπόμενη τροχιά σε άλλη. Η ενέργεια που εκπέμπεται είναι ίση με τη διαφορά ενεργειών του ηλεκτρονίου στις δύο τροχιές.
$E_{αρχ} - E_{τελ} = hv$.

Ο Bohr με τις συνθήκες αυτές πέτυχε να εξηγήσει τη συμπεριφορά των μονοηλεκτρονικών ατόμων (δηλ. τη σταθερότητα του ατόμου και το γραμμικό φάσμα εκπομπής των αερίων).
(μ·3)

(β) i) Ενέργεια Ιονισμού $E_{ιον} = E_{\infty} - E_1 = 0 - (-13{,}6\ ev) = 13{,}6\ ev$ (μ·1)



ii) Όταν το ηλεκτρόνιο είναι στην ενεργειακή στάθμη -1,51 ev, μπορεί να αποδιεγερθεί προς την E_1 και οι πιθανές μεταπηδήσεις είναι όπως φαίνονται στο σχήμα.

Οι πιθανές ενέργειες των φωτονίων είναι: $E_3 - E_1 = -1{,}51 - (-13{,}6)$ eV
$= 12{,}09$ eV
$E_3 - E_2 = -1{,}51 - (-3{,}39)$ eV
$= 1{,}88$ eV
$E_2 - E_1 = 3{,}39 - (-13{,}6)$ eV $= 10{,}21$ eV
(μ·3)

γ) Για φωτόνια ενέργειας 10,21 ev, θα υπάρχει απορρόφηση των φωτονίων επειδή η ενεργειακή διαφορά $E_2 - E_1 = 10{,}21$ eV συμπίπτει με την ενέργεια των προσπιπτόντων φωτονίων. Έτσι το ηλεκτρόνιο θα διεγερθεί από την $1^η$ στη $2^η$ στάθμη και η ένταση της εξερχόμενης δέσμης θα εξασθενίσει ή θα εξαφανισθεί. Για φωτόνια ενέργειας 11,50 eV δεν θα υπάρξει απορρόφηση γιατί δεν υπάρχει ενεργειακή διαφορά που να αντιστοιχεί σε 11,50 eV. Έτσι το ηλεκτρόνιο θα παραμείνει στην θεμελιώδη τροχιά και η ένταση της εξερχόμενης δέσμης δε θα μεταβληθεί.
(μ·3)

9. (α) (i) Όταν η ένταση της προσπίπτουσας ακτινοβολίας διπλασιάζεται και η συχνότητά της παραμένει σταθερή, σημαίνει ότι η ενέργεια των φωτονίων που προσπίπτουν στην κάθοδο είναι σταθερή, αλλά ο αριθμός τους/s είναι διπλάσιος του αρχικού. Σύμφωνα με την κβαντική θεωρία, η εκπομπή ενός ηλεκτρονίου προκαλείται από ένα μόνο φωτόνιο. Επομένως, διπλάσιος αριθμός φωτονίων/s διπλασιάζει την πιθανότητα εκπομπής ηλεκτρονίων. $\Rightarrow$ προκαλείται διπλασιασμός της έντασης I του φωτοηλεκτρικού ρεύματος (ρεύμα κόρου) .

(2 μον.)

(ii) Η μέγιστη κινητική ενέργεια των εκπεμπόμενων φωτοηλετρονίων είναι ίση με τη διαφορά μεταξύ της ενέργειας του προσπίπτοντος φωτονίου και του έργου εξαγωγής του μετάλλου της καθόδου, δηλαδή,

$E_{\kappa(\mu\varepsilon\gamma)}=h\nu-b$ (φωτοηλεκτρική εξίσωση Einstein).

(1 μον.)

Αλλά, έργο εξαγωγής μετάλλου, $b=h\nu_0$. (1 μον.)

(ν_0=οριακή συχνότητα για το μέταλλο)

Επομένως, $E\kappa_{(\mu\varepsilon\gamma)}=h\nu-h\nu_0 \Rightarrow E\kappa_{(\mu\varepsilon\gamma)}=h(\nu-\nu_0) \Rightarrow E\kappa_{(\mu\varepsilon\gamma)} \propto (\nu-\nu_0)$

(1 μον.)

(β) Φωτοηλεκτρική εξίσωση Einstein, $E\kappa_{(\mu\varepsilon\gamma)}=h\nu-b$), αλλά $E\kappa_{(\mu\varepsilon\gamma)}= eV_{\alpha\pi} \Rightarrow$

$\Rightarrow eV_{\alpha\pi}=h\nu-b \Rightarrow \underline{b=h\nu- eV_{\alpha\pi}}$

(1 μον.)

Από τη γραφική παράσταση, $V_{\alpha\pi}=-1,8V \Rightarrow$ (1 μον.)

$\Rightarrow b=6,67.10^{-34}.6,67.10^{14}-1,6.10^{-19}.1,8 \Rightarrow b=4,45.10^{-19}-2,88.10^{-19}$

$\Rightarrow \underline{b=1,57.10^{-19}J}$ (1 μον.)

Αφού, $1eV=1,6.10^{-19}J \Rightarrow \underline{b\simeq 1eV}$.

(γ) Εφαρμογή του φωτοηλεκτρικού φαινομένου έχουμε στο φωτοκύτταρο, το οποίο χρησιμοποιείται σε πολλές περιπτώσεις, π.χ. στην καταμέτρηση διάφορων αντικειμένων, στο αυτόματο ανοιγοκλείσιμο θυρών, στην αναπαραγωγή του ήχου στον κινηματογράφο, σε συστήματα συναγερμού, κ.ά.

(2 μον.)

10. α) Έλλειμμα μάζας Δm ενός πυρήνα είναι η διαφορά της μάζας του πυρήνα M_π από το άθροισμα των μαζών των Z πρωτονίων του και των N νετρονίων του.

$$\Delta m = (Zm_p + Nm_n) - M_\pi \qquad (\mu.1)$$

Ενέργεια σύνδεσης E_σ του πυρήνα είναι η ενέργεια που ελευθερώνεται στο περιβάλλον κατά τη συνένωση των πρωτονίων και των νετρονίων για το σχηματισμό του. (μ.1)

β) i) Το πλέον σταθερό στοιχείο είναι ο σίδηρος ${}^{56}_{26}Fe$ γιατί έχει τη μεγαλύτερη ενέργεια σύνδεσης / νουκλεόνιο και άρα χρειάζεται τη μεγαλύτερη ενέργεια / νουκλεόνιο για να διασπαστεί. (μ.2)

ii) Για το ${}^{16}_{8}O$ η E/A = 8 MeV / νουκλεόνιο

$$\Rightarrow \text{Ενέργεια σύνδεσης} = 16 \times 8\ \text{MeV}$$
$$= 128\ \text{MeV}$$
$$= 128 \times 10^6 \times 1.6 \times 10^{-19}\,\text{J}$$
$$E_\sigma = 2{,}04 \times 10^{-11}\,\text{J}$$

$$E = \Delta m . c^2$$

$$\Delta m = \frac{E}{c^2} = \frac{2{,}04\text{x}10^{-11}}{(3\text{x}10^8)^2} = 2{,}27\text{x}10^{-28}\ \text{Kg}$$

(μ.2)

iii) Η σχάση ενός πυρήνα μεγάλου μαζικού αριθμού σε δυο πυρήνες μέσου μαζικού αριθμού, συνοδεύεται με ελευθέρωση ενέργειας στο περιβάλλον εφ' όσον η ενέργεια σύνδεσης ανά νουκλεόνιο των δύο πυρήνων που σχηματίζονται κατά τη σχάση, εφόσον βρίσκονται στην κεντρική περιοχή της γραφικής παράστασης πρέπει να είναι μεγαλύτερη από αυτήν που είχε ο αρχικός πυρήνας.

(μ.1)

γ) ${}^{2}_{1}H + {}^{3}_{1}H \rightarrow {}^{4}_{2}He + X \qquad X = {}^{1}_{0}n$

$$Q = \Delta mc^2 = \left[\left(m_{{}^2_1H} + m_{{}^3_1H}\right) - \left(m_{{}^4_2He} + m_{{}^1_0n}\right)\right]\text{x}c^2$$

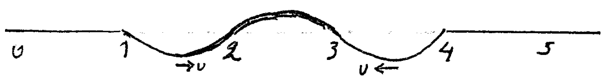
$$= \left(\left[3{,}345\text{x}10^{-27} + 5{,}010\text{x}10^{-27}\right] - \left[6{,}483\text{x}10^{-27} + 1{,}675\text{x}10^{-27}\right]\right)\text{x}9\text{x}10^{16}$$

$$= \left[8{,}355\text{x}10^{-27}\text{Kg}\right] - \left[8{,}158\text{x}10^{-27}\right]\text{x}9\text{x}10^{16}$$

$$Q = 0{,}197\text{x}\ 10^{-27}\text{x}9\text{x}10^{16} = 1{,}773\text{x}10^{-11}\text{J} \qquad (\mu.3)$$

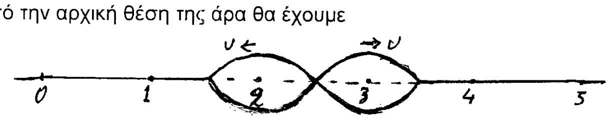
ΜΕΡΟΣ Γ΄

11. α) Τη χρονική στιγμή $t_1 = \frac{T}{2}$ η κάθε διαταραχή θα έχει προχωρήσει κατά λ/2 προς τη φορά διάδοσής της, όπως φαίνεται πιο κάτω:

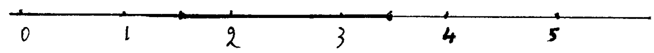


Στην περιοχή μεταξύ 2 και 3 οι δύο διαταραχές συμβάλλουν και με βάση την αρχή της επαλληλίας της κινήσεως για να προσδιορίσουμε το αποτέλεσμα της συμβολής προσθέτουμε τις μετατοπίσεις που προκαλούνται σε κάθε σημείο της περιοχής αυτής από κάθε διαταραχή και προσδιορίζουμε τη συνολική μετατόπιση κάθε σημείου. Άρα στην περιοχή αυτή, επειδή οι μετατοπίσεις που προκαλούνται από κάθε διαταραχή είναι όμοιες το αποτέλεσμα της συμβολής θα είναι όπως πιο κάτω:

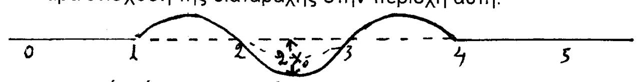
Τη χρονική στιγμή $t_2 = \frac{3T}{4}$ η κάθε διαταραχή θα έχει προχωρήσει κατά $\frac{3}{4}$ λ από την αρχική θέση της άρα θα έχουμε



δηλ. πλήρη συμβολή των δύο διαταραχών και εξουδετέρωση της μετατοπίσεως που προκαλεί η κάθε διαταραχή από την άλλη, άρα η χορδή θα έχει τη μορφή μιας ευθείας.



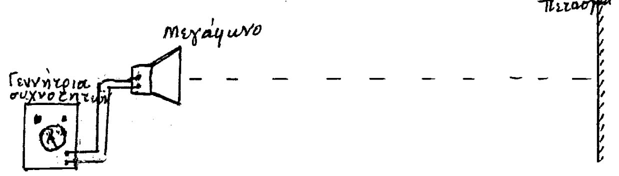
Τη χρονική στιγμή t_3=Τ η κάθε διαταραχή θα έχει προχωρήσει κατά ένα μήκος κύματος, άρα θα έχουμε συμβολή των δύο κυμάτων στην περιοχή μεταξύ 2 και 3 και άρα ενίσχυση της διαταραχής στην περιοχή αυτή.



β) Στάσιμα ηχητικά κύματα μπορούμε να πετύχουμε λόγω ανάκλασης ενός ηχητικού κύματος σε επιφάνεια κάθετη στη διεύθυνση διάδοσής του, είτε με τη βοήθεια δύο ίδιων μεγαφώνων που τοποθετούνται απέναντι το ένα από το άλλο και συνδέονται με την ίδια πηγή συχνοτήτων όπως φαίνεται πιο κάτω:

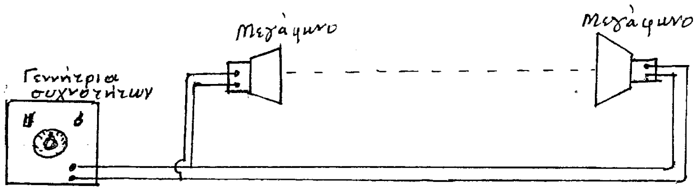
Ειτε

ι) Λόγω ανάκλασης σε πέτασμα



Για να πετύχουμε σταθερό στάσιμο κύμα πρέπει η απόσταση μεταξύ μεγαφώνου και πετάσματος να είναι περιττό πολλαπλάσιο του λ/4 (όπως συμβαίνει στους κλειστούς στο ένα άκρο ηχητικούς σωλήνες).

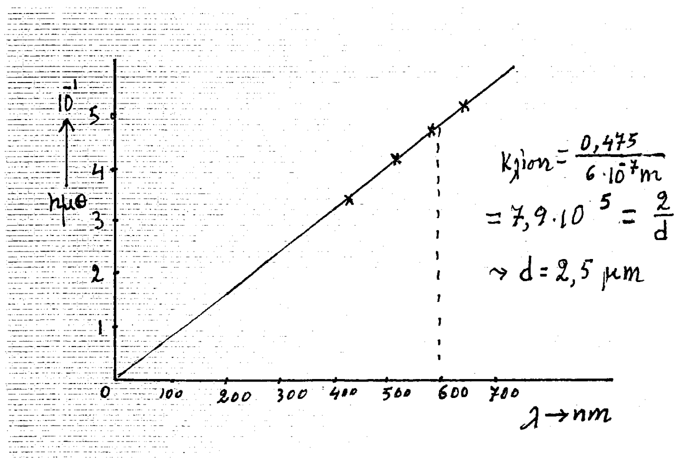
ή ιι) Με τη βοήθεια δύο μεγαφώνων που συνδέονται με την ίδια γεννήτρια συχνοτήτων, όπως φαίνεται πιο κάτω:



Για να πετύχουμε σταθερό στάσιμο κύμα πρέπει η απόσταση μεταξύ των δύο μεγαφώνων να είναι ακέραιο πολλαπλάσιο του λ/2.

γ) Με βάση το θεωρητικό μοντέλο του οπτικού φράγματος, η σχέση μεταξύ της γωνίας ενός ειδώλου περίθλασης (κροσσού ενίσχυσης) $n^{ου}$ βαθμού και του μήκους κύματος λ δίδεται από τη σχέση $d\eta\mu\theta_n = n\lambda$ άρα η σχέση μεταξύ της γωνίας θ και του λ θα είναι ευθεία γραμμή, αν η γραφική παράσταση κατασκευασθεί με μεταβλητές το ημθ και το λ.

Η κλίση της γραφικής παράστασης θα είναι 2/d και από αυτή υπολογίζουμε την κλίση d = 2,5 μm, όπως φαίνεται στο πιο κάτω διάγραμμα.



δ) Με βάση τη σχέση $d\eta\mu\theta_n = n\lambda$ υπολογίζουμε την τάξη του κροσσού περίθλασης που η ερυθρά περιοχή του (που έχει τη μέγιστη περίθλαση) με λ=750nm βρίσκεται σε γωνία μικρότερη από 90°, δηλ. $d\eta\mu 90 \geq n\lambda$ ή

$\frac{1mm}{560} > n\,\lambda$ ή $\frac{10^6}{560}$ nm $\geq n \cdot 750$ nm

→ n= 2

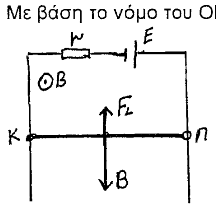
άρα συνολικά μαζί με τον κεντρικό κροσσό θα παρατηρήσουμε άλλους τέσσερις πλήρεις φωτεινούς κροσσούς (δύο δεξιά και δύο αριστερά του κεντρικού κροσσού), άρα συνολικά πέντε.

12. Α. Τα ρεύματα Foucault οφείλονται στην επαγωγή (1 μ.)

Εφαρμογές (1 μ. ανά εφαρμογή): Όργανα μέτρησης,
Στροφόμετρα,
Ανιχνευτές μετάλλων
επαγωγικός κλίβανος
επαγωγική πέδηση κτλ.

(μ.2)

Β. α) Με βάση το νόμο του Ohm $I = \frac{E}{R_{o\lambda}} = \frac{3V}{1\Omega + 2\Omega} = 1A$ (μ.1)



τότε F_L (πηγής) = BIL,

= 1•1•1= 1 N (μ.1)

mg = 0,2•10 = 2N (μ.1)

β) Στα άκρα του αγωγού δημιουργείται τάση λόγω επαγωγής, και ως εκ τούτου η ένταση του ρεύματος μεταβάλλεται. Η νέα δύναμη Laplace

$$F_L' = B.L.I' = B.L.\frac{E_{\pi\eta\gamma.} + E_{\varepsilon\pi.}}{R} = B.L.\frac{E_{\pi\eta\gamma.} + BL.u}{R_{o\lambda.}} =$$

$$= 1 + \frac{1}{3}u$$ (μονάδες S.I)

τότε

$F_{o\lambda} = mg - F_L' = 2 - 1 - \frac{1}{3}u = 1 - \frac{1}{3}u$ (μ.3)

γ) $F_{o\lambda} = m\gamma \Rightarrow 1 - \frac{u}{3} = 0{,}2\,\gamma \Rightarrow \gamma = 5 - \frac{5}{3}u$ (μ.1)

Ο αγωγός θα κινηθεί προς τα κάτω, εφ' όσον το βάρος υπερισχύει της δύναμης Laplace. Η επιτάχυνσή του θα είναι όλο και πιο μικρή καθώς το u μεγαλώνει.

Όταν $5 - \frac{5}{3}u = 0$ ($\Rightarrow$ u = 3), η επιτάχυνση είναι πλέον μηδέν και η ταχύτητα του αγωγού παραμένει σταθερή στην τιμή u= 3 m/s.

(μ.3)

δ) $I = \frac{E + BLu}{R + r}$ $\Rightarrow$ μεγίστη τιμή ρεύματος επιτυγχάνεται όταν το u έχει τη μέγιστη (οριακή) τιμή u = 3 m/s.

$\Rightarrow I_{\mu\varepsilon\gamma} = 2$ A (μ.3)