

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, 28 Ιουνίου 2004**
7.30 π.μ. – 10.30 π.μ.

Λ Υ Σ Ε Ι Σ

ΜΕΡΟΣ Α

1. Από τη γραφική παράσταση διαβάζουμε τις τιμές $x_0 = 5 \text{ cm}$ και $u_0 = 250 \text{ cm/s}$. (μον. 1)
 Αλλά $u_0 = \omega x_0 \Rightarrow \omega = u_0/x_0 = 50 \text{ rad/s}$. (μον. 1)
 Ισχύει: $K = \omega^2 m \Rightarrow$
 $K = (2500 \text{ s}^{-2}) \cdot (0,01 \text{ kg}) = 25 \text{ kg s}^{-2}$ (μον. 1,5)
 και
 $T = 2\pi/\omega \Rightarrow$
 $T = 2\pi/(50 \text{ s}^{-1}) = 0,126 \text{ s}$ (μον. 1,5)

2. α) Ακούεται έντονος ήχος λόγω συντονισμού. Η συχνότητα του διεγέρτη ταυτίζεται με μια (τη θεμελιώδη) από τις ιδιοσυχνότητες της αέριας στήλης. (μον. 2)
 β) Αφού ακούεται έντονος ήχος για πρώτη φορά, το μήκος της αέριας στήλης θα είναι $\ell = \frac{\lambda}{4}$. (μον. 1)
 Ισχύει $u = \lambda v$
 $\Rightarrow \ell = \frac{u}{4v} \Rightarrow u = 4 \ell v = 4 \times 0,17 \times 500 \text{ m/s} = 340 \text{ m/s}$ (μον. 2)

3. Όταν ανοίγει ο διακόπτης μειώνεται απότομα το ρεύμα στο πηνίο οπότε, βάσει του νόμου της αυτεπαγωγής αναπτύσσεται τάση αυτεπαγωγής, η οποία είναι ανάλογη προς το ρυθμό μεταβολής του ρεύματος

$$E_{\text{αυτ}} = -L \frac{dI}{dt}.$$

(L = συντελεστής αυτεπαγωγής του πηνίου). (μον. 2,5)

Ο ρυθμός μεταβολής του ρεύματος $\frac{dI}{dt}$ είναι πολύ μεγάλος και επομένως η $E_{\text{αυτ}}$ είναι πολύ μεγάλη και ικανή για να ανάψει ο λαμπτήρας. (μον. 2,5)

4. α) Ενέργεια σύνδεσης ενός πυρήνα ονομάζεται η ενέργεια που ελευθερώνεται (εκλύεται) κατά τη στιγμή του σχηματισμού του πυρήνα (ή, η ελάχιστη ενέργεια που απαιτείται για να διασπαστεί ο πυρήνας στα νουκλεόνια από τα οποία αποτελείται). (μον. 2)

Ο πυρήνας του $^{235}_{92}\text{U}$ αποτελείται από 92 πρωτόνια και $235-92=143$ νετρόνια.

$$\Delta m = 92 \times 1,00759\text{u} + 143 \times 1,00867\text{u} - 235,04392\text{u} \\ = 92,69828\text{u} + 144,23981\text{u} - 235,04392\text{u} = \underline{1,89417\text{u}}$$

(μον. 1)

$$E = 1,89417 \times 931 \text{ MeV}$$

$$E = 1763,5 \text{ MeV} \quad (\text{μον. 1})$$

$$\frac{E}{A} = \frac{1763,5}{235} = 7,5 \frac{\text{MeV}}{\text{νουκλ.}} \quad (\text{μον. 1})$$

5. α) Η λειτουργία του μετασχηματιστή στηρίζεται στο φαινόμενο της αμοιβαίας επαγωγής. (μον. 1)

β) (Θα απαντήσουν στους δυο από τους πιο κάτω παράγοντες):

- (i) Θερμότητα Joule που αναπτύσσεται στα σύρματα των πηνίων. Περιορίζεται αν χρησιμοποιήσουμε πιο χοντρά σύρματα.
- (ii) Τα ρεύματα Foucault που αναπτύσσονται στον πυρήνα του μετασχηματιστή. Περιορίζεται αν ο πυρήνας κατασκευαστεί από λεπτά φύλλα μονωμένα μεταξύ τους.
- (iii) Μαγνητική σκέδαση, δηλαδή διαφυγή της μαγνητικής ροής. Περιορίζεται όταν τα πηνία είναι περιτυλιγμένα στον ίδιο πυρήνα.
- (iv) Μαγνητική υστέρηση, όπου χάνεται ενέργεια λόγω εσωτερικών τριβών που γίνονται στον πυρήνα κάθε φορά που αλλάζει ο μαγνητικός προσανατολισμός των ατόμων. Περιορίζεται με τη χρήση πυρήνων από κατάλληλο κράμα Fe-Si.

(μον. 4)

6. Ισχύει: $E_{\kappa, \max} = h\nu - b = \frac{hc}{\lambda} - b$ (μον. 1)

Αντικαθιστώντας, έχουμε: $1 \text{ eV} = \frac{hc}{\lambda} - b$ (μον. 1)

$4 \text{ eV} = \frac{hc}{\lambda/2} - b$ (μον. 1)

Με τη λύση του συστήματος προκύπτει

$b = 2 \text{ eV}$ (μον. 1)

και

$\lambda = 4,14 \times 10^{-7} \text{ m.}$ (μον. 1)

ΜΕΡΟΣ Β

7. α) Χρόνος υποδιπλασιασμού ενός ραδιενεργού υλικού είναι ο χρόνος που περνά μέχρι να διασπαστούν οι μισοί από τους αρχικούς ραδιενεργούς πυρήνες. (μον. 1)

Σταθερά διάσπασης του ραδιενεργού υλικού είναι το ποσοστό των πυρήνων που διασπώνται στη μονάδα του χρόνου $\left(\lambda = \frac{dN/N}{dt} \right)$ (μον. 1)

Από τη σχέση $N = N_0 e^{-\lambda t}$, όταν $t=T \Rightarrow N = \frac{N_0}{2}$, οπότε $\frac{N_0}{2} = N_0 e^{-\lambda T}$

$\Rightarrow \frac{1}{2} = e^{-\lambda T} \Rightarrow \ln\left(\frac{1}{2}\right) = -\lambda T \Rightarrow -\ln 2 = -\lambda T$

$\Rightarrow \underline{T = \frac{\ln 2}{\lambda}}$ (μον. 1)

β) Από τη σχέση $N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}$ προκύπτει η σχέση $m = m_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}$.

όπου m η σημερινή μάζα του ισοτόπου

m_0 η αρχική μάζα του ισοτόπου

t ο χρόνος των 6 μηνών

(μον. 1)

$\Rightarrow 2^{-3} = 1 \times 2^{-\frac{6}{T}} \Rightarrow \underline{T=2 \text{ μήνες}}$ (μον. 1)

γ) (i) Η ακτινοβολία α είναι πυρήνες ηλίου (${}^4_2\text{He}$), η ακτινοβολία β^- είναι ηλεκτρόνια (${}^0_{-1}\text{e}$) και η ακτινοβολία γ είναι ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία πολύ μεγάλης συχνότητας. (μον. 1,5)

(ii) Κατά την εκπομπή ακτινοβολίας α ο ατομικός αριθμός του μητρικού πυρήνα ελαττώνεται κατά 2 και ο μαζικός αριθμός ελαττώνεται κατά 4. Κατά την εκπομπή ακτινοβολίας β^- ο ατομικός αριθμός αυξάνεται κατά 1 και ο μαζικός αριθμός δεν μεταβάλλεται. Κατά την εκπομπή ακτινοβολίας γ τόσο ο ατομικός όσο και ο μαζικός αριθμός παραμένουν οι ίδιοι. (μον. 1,5)

(iii) Κατά την εκπομπή ακτινοβολίας β^- δεν μεταβάλλεται ο μαζικός αριθμός. Επομένως, η μεταβολή του κατά $238-222=16$ οφείλεται στην εκπομπή 4 σωματιδίων α. (μον. 1)

Με την εκπομπή τους θα έπρεπε ο ατομικός αριθμός να ελαττωθεί κατά 8, δηλαδή να γίνει 84.

Επειδή τελικά ο ατομικός αριθμός γίνεται 86 αντί 84 προκύπτει ότι εκπέμπονται και 2 σωματίδια β^- . (μον. 1)

8. α) i) Η ένταση J κύματος σε ένα σημείο του μέσου διάδοσής του, δίνεται εξ ορισμού ως $J = \frac{\Delta E}{\Delta t \Delta S}$, όπου ΔS το εμβαδόν επιφάνειας κάθετης στη διεύθυνση διάδοσης του κύματος στο συγκεκριμένο σημείο και ΔE το ποσό ενέργειας που περνά σε χρόνο Δt μέσα από την επιφάνεια αυτή. Επειδή το πηλίκο ΔE/Δt είναι η ισχύς ΔP που περνά από την ΔS, η πιο πάνω σχέση γράφεται και ως $J = \frac{\Delta P}{\Delta S}$. (μον. 1)

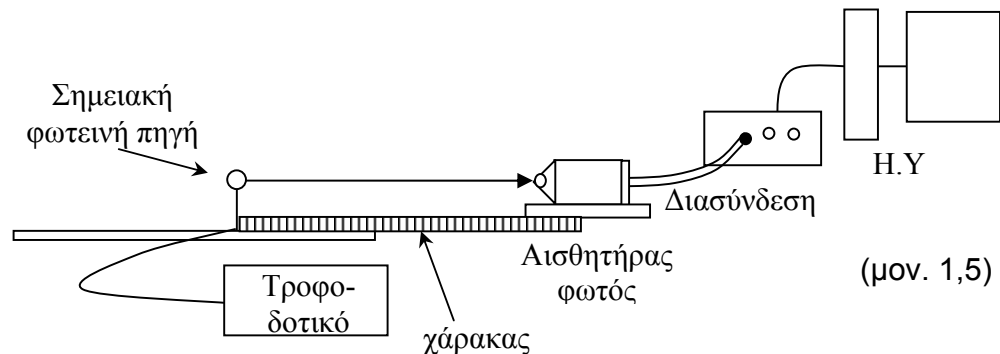
Η ισχύς της πηγής P κατανέμεται στις εκάστοτε σφαιρικές ισοφασικές επιφάνειες. Επειδή η επιφάνεια της σφαίρας είναι κάθετη στις ακτίνες διάδοσης και το εμβαδόν της είναι $S = 4\pi r^2$, έπεται ότι $J = \frac{P}{4\pi r^2}$. (μον. 1)

ii) Από τη σχέση $J = \frac{P}{4\pi r^2}$ έπεται ότι $\frac{J_2}{J_1} = \frac{r_1^2}{r_2^2}$.

Άρα $\frac{J_2}{J_1} = \frac{1}{4} \Rightarrow J_2 = J_1/4$ (μον. 1)

Αν το κύμα ήταν επίπεδο, η ισχύς θα περνούσε πάντα μέσα από επιφάνειες ίσου εμβαδού και, επομένως, η ένταση της δέσμης θα παρέμενε σταθερή. (μον. 2)

β) i) Συναρμολογούμε τη διάταξη όπως φαίνεται στο σχεδιάγραμμα.



Τοποθετούμε τον αισθητήρα πολύ κοντά στη φωτεινή πηγή (απόσταση r_0) και τον βαθμολογούμε στο 100%. Μετακινούμε τον αισθητήρα και μετρούμε την απόσταση του (r) από την πηγή. Την καταχωρούμε στον πίνακα που ανοίγει στο παράθυρο της οθόνης και ο πίνακας συμπληρώνεται με την αντίστοιχη μέτρηση της έντασης J , ως επί τοις εκατό της αρχικής ($100J/J_0$). Επαναλαμβάνουμε για διάφορες αποστάσεις r .

(μον. 1,5)

ii) Από τον τύπο $J = \frac{P}{4\pi r^2}$ έπεται ότι $J/J_0 = (r_0/r)^2$. Επειδή η $J/J_0 = f(r)$ θα είναι μία φθίνουσα καμπύλη της οποίας το είδος δεν μπορούμε να διαπιστώσουμε, θα παραστήσουμε γραφικά την $J/J_0 = f(1/r^2)$ και θα δούμε κατά πόσο είναι ευθεία γραμμή όπως αναμένεται θεωρητικά.

(μον. 2)

(Εναλλακτικά, $\log(J/J_0) = 2\log(r_0) - 2\log(r)$. Άρα, αν παραστήσουμε γραφικά τη $\log(J) = f[\log(r)]$, θα πρέπει να πάρουμε ευθεία γραμμή).

9. α) $E = h\nu$ και $c = \lambda\nu$

$$\Rightarrow E = \frac{hc}{\lambda} \Rightarrow \lambda E = hc = (6,63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s})(3 \times 10^8 \text{ m/s})$$

$$\Rightarrow \lambda E = 1,99 \times 10^{-25} \text{ J} \cdot \text{m}$$

$$1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$$

$$\text{άρα } \lambda E = \frac{1,99 \times 10^{-25}}{1,6 \times 10^{-19}} \text{ eV} \cdot 10^9 \text{ nm} \Rightarrow \lambda E = 1240 \text{ eV} \cdot \text{nm} \quad (\text{μον. 2})$$

β) i) Εφαρμόζοντας τη σχέση $E = \frac{1240}{\lambda}$ σε eV όταν λ σε nm, βρίσκουμε:

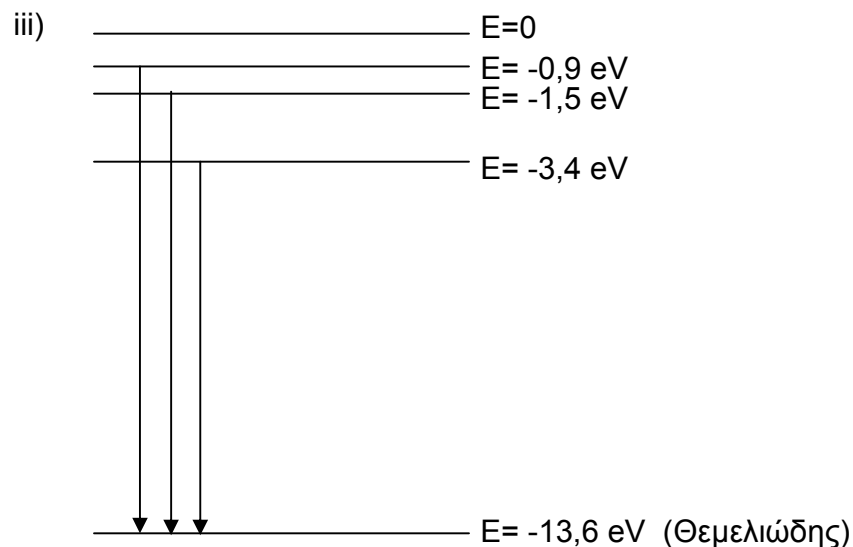
λ nm	97,3	102,6	121,6
E eV	12,7	12,1	10,2

(μον. 1,5)

ii) Αφού η ενέργεια ιονισμού είναι 13,6 eV, η θεμελιώδης ενεργειακή στάθμη θα είναι $E_1 = -13,6$ eV. Η επόμενη ενεργειακή στάθμη του

ατόμου του υδρογόνου είναι $E_2 = \frac{E_1}{4} = -3,4$ eV. (μον. 1)

Επειδή οι ενέργειες όλων των φωτονίων, που έχουν υπολογιστεί πιο πάνω, είναι μεγαλύτερες των 3,4 eV τα φωτόνια αυτά δεν μπορούν να προέρχονται από αποδιεγέρσεις που να καταλήγουν στη 2^η ή ανώτερη ενεργειακή στάθμη αλλά μόνο από αποδιεγέρσεις που θα καταλήγουν στη θεμελιώδη ενεργειακή στάθμη. (μον. 1,5)



(μον. 4)

10. α) $E = \frac{1}{2} K d^2 = \frac{1}{2} \times 100 \times 0,2^2 = 2$ J (μον. 1)

β) $t = \frac{1}{4} T = \frac{1}{4} \times 2\pi \sqrt{\frac{m_1 + m_2}{K}} = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{1+3}{100}} = \frac{\pi}{10}$ s = 0,314 s (μον. 2)

γ) $E = \frac{1}{2} (m_1 + m_2) u_0^2 \Rightarrow 2 = \frac{1}{2} (4) u_0^2 \Rightarrow u_0 = 1$ m/s (μον. 1)

$$\delta) E_{\Sigma 1} = \frac{1}{2} m_1 u_0^2 = \frac{1}{2} \times 1 \times 1^2 = 0,5 \text{ J}$$

$$E_{\Sigma 2} = \frac{1}{2} m u_0^2 = \frac{1}{2} \times 3 \times 1^2 = 1,5 \text{ J}$$

$$\Delta E = E - E_{\Sigma 2} = 2 - 1,5 = 0,5 \text{ J}$$

Η $E_{\Sigma 1}$ είναι μικρότερη κατά 1,5J από την αρχική E (που ήταν 2 J) επειδή το Σ_2 αποχωρίζεται με $E_{\Sigma 2} = 1,5 \text{ J}$. (μον. 2)

$$\epsilon) E_{\Sigma 1} = \frac{1}{2} K X_0^2 \Rightarrow 0,5 = \frac{1}{2} \times 100 \cdot X_0^2 \Rightarrow X_0 = 0,1 \text{ m} \quad (\text{μον. 2})$$

$$\sigma\tau) t = \frac{1}{4} T + \frac{1}{4} T' = \frac{\pi}{10} + \frac{1}{4} 2\pi \sqrt{\frac{m_1}{K}} = \frac{\pi}{10} + \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{1}{100}} = \frac{\pi}{10} + \frac{\pi}{20} = \frac{3\pi}{20} \text{ s}$$

$$\Rightarrow t = 0,471 \text{ s.} \quad (\text{μον. 2})$$

ΜΕΡΟΣ Γ

11. α) Το οπτικό φράγμα είναι μια λεπτή γυάλινη πλάκα πάνω στην οποία χαρασσεται μεγάλος αριθμός παράλληλων χαραγών που ισαπέχουν.

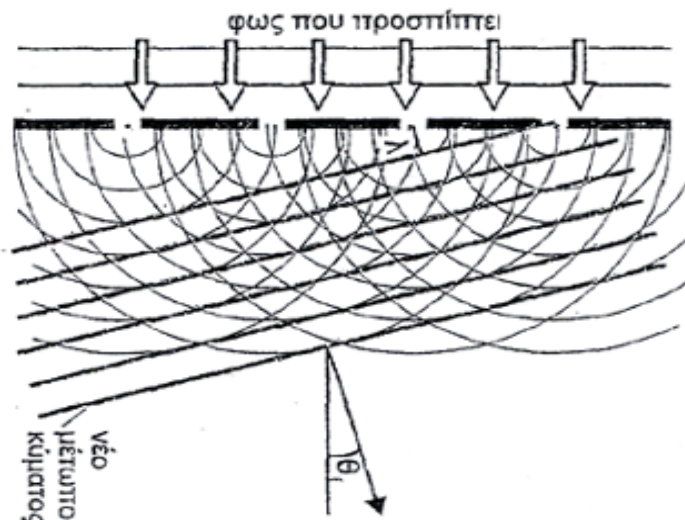
(μον. 1)

β) i) Περίθλαση, συμβολή.

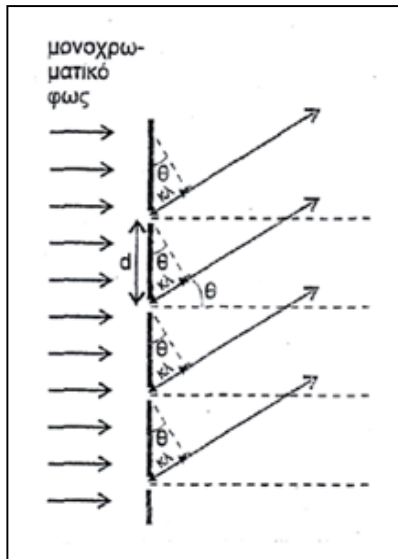
(μον. 2)

ii) Στο οπτικό φράγμα οι χαραγές είναι αδιαφανείς περιοχές ενώ οι μη χαραγμένες περιοχές του είναι διαφανείς, δηλ. συμπεριφέρονται σαν σχισμές. Κάθε σχισμή με βάση την αρχή του Huygens συμπεριφέρεται ως πηγή δευτερογενών σφαιρικών κυμάτων. Κύματα, τα οποία εξέρχονται από το φράγμα με τέτοια γωνία θ_1 ώστε η διαφορά δρόμου μεταξύ κυμάτων από δύο διαδοχικές σχισμές να είναι ίση με λ , συμβάλλουν δημιουργικά και δίνουν στην οθόνη φωτεινό είδωλο πρώτης τάξης.

(μον. 1)



(μον. 1)



(μον. 1)

Αν η γωνία εξόδου θ_k των κυμάτων από το φράγμα δημιουργεί μεταξύ κυμάτων από δύο διαδοχικές σχισμές διαφορά δρόμου $\Delta x = k\lambda$, τότε συμβάλλουν δημιουργικά δίνοντας είδωλο k τάξης.

$$d \sin \theta_k = \frac{\Delta x}{\lambda} = \frac{k\lambda}{\lambda} \Rightarrow d \sin \theta_k = k\lambda.$$

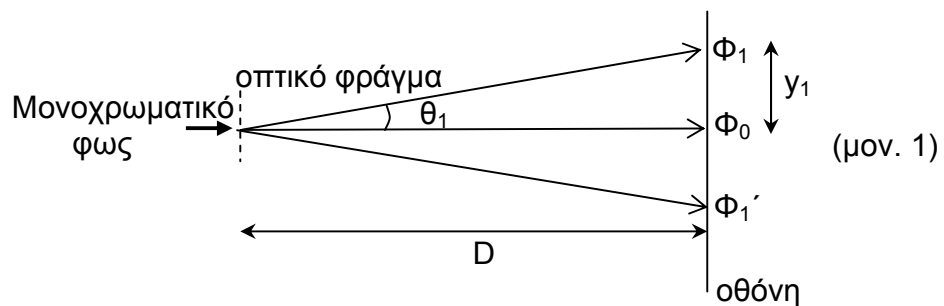
d = σταθερά του φράγματος

k = τάξη του ειδώλου

λ = μήκος κύματος

(μον. 1)

γ) i)



Τοποθετούμε το φράγμα με τέτοιο τρόπο ώστε η παράλληλη δέσμη μονοχρωματικού φωτός να προσπίπτει κάθετα σ' αυτό. Σε απόσταση D τοποθετούμε οθόνη παράλληλη προς το φράγμα. Μετρούμε την απόσταση $\Phi_1\Phi_0 = y_1$

$$\varepsilon\varphi\theta_1 = \frac{y_1}{d} \Rightarrow \theta_1 = \text{τοξεφ} \frac{y_1}{d}. \quad \text{Υπολογίζουμε το } \eta\mu\theta_1.$$

Επαναλαμβάνουμε το ίδιο για διάφορα μήκη κύματος. (μον. 2)

ii) $d\eta\mu\theta_1 = 1\lambda$. Η εξίσωση $\lambda = f(\eta\mu\theta_1)$ είναι της μορφής $y = ax$ με κλίση $= d$. (μον. 1)

iii) $\text{Κλίση} = \frac{600 \cdot 10^{-9}}{0,35} = 1,71 \cdot 10^{-6} \text{ m} \Rightarrow d = 1,71 \cdot 10^{-6} \text{ m}$ (μον. 1)

$$N = \frac{1}{d} = \frac{1}{1,71 \cdot 10^{-6}} = 5,85 \cdot 10^5 \frac{\text{χαρ.}}{\text{m}} = 585 \frac{\text{χαρ.}}{\text{mm}}$$
 (μον. 1)

δ) $d\eta\mu\theta_1 = 1\lambda \Rightarrow \eta\mu\theta_1 = \frac{\lambda}{d} = \frac{404,4 \cdot 10^{-9}}{1,71 \cdot 10^{-6}} = 0,236 \Rightarrow \theta_1 = 13,65^\circ$

$$y_1 = D\varepsilon\varphi\theta_1 = 2\varepsilon\varphi 13,65 = 0,49 \text{ m}$$

$$d\eta\mu\theta_1 = 2\lambda \Rightarrow \eta\mu\theta_2 = \frac{2\lambda}{d} = \frac{2 \cdot 404,4 \cdot 10^{-9}}{1,61 \cdot 10^{-6}} = 0,473 \Rightarrow \theta_2 = 28,23^\circ$$

$$y_2 = D\varepsilon\varphi\theta_2 = 2\varepsilon\varphi 30,13 = 1,07 \text{ m}$$

$$\Delta y = (1,16 - 0,49) \text{ m} = 0,58 \text{ m}$$
 (μον. 2)

12. α) Η ΗΕΔ εξ επαγωγής που δημιουργείται στα άκρα ενός κυκλώματος είναι ανάλογη του ρυθμού μεταβολής της μαγνητικής ροής που διαρρέει το κύκλωμα.

(μον. 1)

β) $\varepsilon\varphi\theta = \frac{\ell/2}{ut} \quad \text{ΚΛ} = \ell$

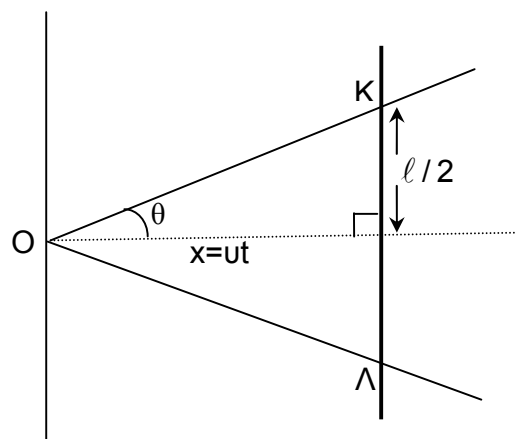
άρα $\underline{\text{ΚΛ}} = 2ut\varepsilon\varphi\theta$

(μον. 1,5)

Εμβαδόν, $S = \frac{\ell}{2} \cdot x$

$$\Rightarrow \underline{S = u^2 \varepsilon\varphi\theta \cdot t^2}$$

(μον. 1,5)



γ) Είναι $E_{\varepsilon\pi} = -Bu\ell$ όπου $\ell = \text{ΚΛ}$

$$E_{\varepsilon\pi} = -Bu(2ut\varepsilon\varphi\theta)$$

$$\underline{E_{\varepsilon\pi} = -2Bu^2 \cdot \varepsilon\varphi\theta \cdot t}$$

(μον. 3)

β' τρόπος:

$$E_{\varepsilon\pi} = -\frac{d\Phi}{dt} = -B \frac{dS}{dt} = -B \frac{d}{dt}(u^2 \varepsilon \varphi \theta t^2)$$

$$\underline{E_{\varepsilon\pi} = -2Bu^2 \cdot \varepsilon \varphi \theta \cdot t}$$

δ) $R = r(K\Lambda) \Rightarrow \underline{R = 2r u \varepsilon \varphi \theta}$ (μον. 2)

ε) $I_{\varepsilon\pi} = \frac{E_{\varepsilon\pi}}{R} = \frac{2Bu^2 \varepsilon \varphi \theta}{2r u \varepsilon \varphi \theta} \Rightarrow I_{\varepsilon\pi} = \frac{-Bu}{r}$ (μον. 2)

στ) Κατά την κίνηση του αγωγού στο μαγνητικό πεδίο αναπτύσσεται $E_{\varepsilon\pi}$ και επειδή το κύκλωμα είναι κλειστό δημιουργείται επαγωγικό ρεύμα. Πάνω στο ρευματοφόρο αγωγό ΚΛ εξασκείται μαγνητική δύναμη Laplace, η οποία είναι αντίθετη της φοράς της ταχύτητας. Η φορά αυτή της δύναμης είναι σε συμφωνία με τον κανόνα του Lenz. Για να διατηρείται η ταχύτητα σταθερή πρέπει να εξασκείται εξωτερική δύναμη αντίθετη της μαγνητικής δύναμης (άρα της ίδιας φοράς με την ταχύτητα) και ίσου μέτρου με αυτή.

(μον. 2)

Έχουμε:

$$F_{\varepsilon\xi} = F_L$$

$$F_{\varepsilon\xi} = B I_{\varepsilon\pi} \cdot \ell$$

$$F_{\varepsilon\xi} = B \left(\frac{Bu}{r} \right) 2u \varepsilon \varphi \theta$$

$$F_{\varepsilon\xi} = \frac{2B^2 u^2 \varepsilon \varphi \theta \cdot t}{r}$$

(μον. 2)

β' τρόπος:

Κατά την κίνηση του αγωγού στο μαγνητικό πεδίο αναπτύσσεται $E_{\varepsilon\pi}$ και επειδή το κύκλωμα είναι κλειστό δημιουργείται επαγωγικό ρεύμα. Άρα έχουμε παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Σύμφωνα με την αρχή διατήρησης της ενέργειας, αφού δεν μπορεί να παραχθεί ενέργεια από το μηδέν, θα πρέπει να εξασκείται στον αγωγό μια εξωτερική δύναμη της οποίας το παραγόμενο έργο θα είναι ίσο με την ηλεκτρική ενέργεια.

$$E_{\eta\lambda} = F_{\varepsilon\xi} \cdot x$$

$$E_{\varepsilon\pi} \cdot I_{\varepsilon\pi} \cdot t = F_{\varepsilon\xi} u t$$

$$2Bu^2 \varepsilon \varphi \theta t$$

$$F_{\varepsilon\xi} = \frac{2B^2u^2\varepsilon\varphi\theta t}{r}$$