ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ
ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΜΕΣΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ
ΛΕΥΚΩΣΙΑ

ΕΝΙΑΙΕΣ ΓΡΑΠΤΕΣ ΑΠΟΛΥΤΗΡΙΕΣ ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ ΛΥΚΕΙΩΝ 2005

Α΄ ΣΕΙΡΑ ΕΞΕΤΑΣΕΩΝ

ΟΔΗΓΙΕΣ ΔΙΟΡΘΩΣΗΣ

ΜΑΘΗΜΑ :	ΦΥΣΙΚΗ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ
ΧΡΟΝΟΣ :	2 Ώρες και 30 λεπτά
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ :	10 Ιουνίου 2005
ΩΡΑ ΕΝΑΡΞΗΣ :	7.45 π.μ

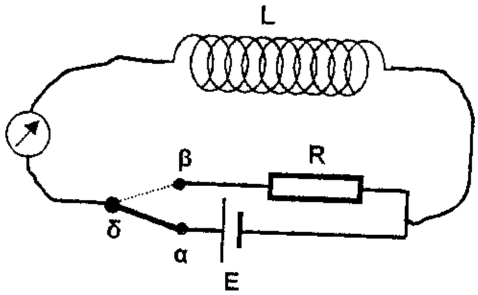
ΜΕΡΟΣ Α

1. Αρχική ενέργεια στο σώμα: $E_1 = \frac{1}{2}K(\Delta x)^2 \Rightarrow \Delta x = \sqrt{\frac{2E_1}{K}}$. *(2 μ)*

Τελική ενέργεια στο σώμα: $E_2 = \frac{1}{2}K(3\Delta x)^2 = \frac{9}{2}K(\Delta x)^2$. *(2 μ)*

Μεταβολή της ενέργειας: $\Delta E = E_2 - E_1 = 4K(\Delta x)^2 \Rightarrow \Delta E = 4K\frac{2E_1}{K} = 8E_1 = 0,8J$. *(1 μ)*

2. (α) Όταν ο διακόπτης στο κύκλωμα μεταφέρεται από τη θέση **α** στη θέση **β**, το ηλεκτρικό ρεύμα από την πηγή, που διαρρέει το πηνίο, τείνει να μηδενιστεί. Ως συνέπεια της μεταβολής του ρεύματος της πηγής, μεταβάλλεται η μαγνητική ροή που περνά από το πηνίο. Σύμφωνα με το νόμο του Faraday, αναπτύσσεται διαφορά δυναμικού (Η.Ε.Δ.) στα άκρα του πηνίου (φαινόμενο αυτεπαγωγής). Με βάση τον κανόνα του Lenz, η πολικότητα της Η.Ε.Δ. από το φαινόμενο της αυτεπαγωγής, είναι τέτοια ώστε το επαγωγικό ρεύμα που δημιουργεί να αντιτίθεται στην αιτία που το προκαλεί. Έτσι το επαγωγικό ρεύμα έχει την ίδια φορά με το ρεύμα της πηγής, για ένα μικρό χρονικό διάστημα, έτσι ώστε να τείνει να αναιρέσει τη μείωση του ρεύματος της πηγής. *(2 μ)*



(β) Η.Ε.Δ. από αυτεπαγωγή: $E_{αυτ} = -L\frac{dI}{dt}$. *(2 μ)*

Αντικατάσταση: $E_{αυτ} = -0,1x40 = -4V$. *(1 μ)*

3. (α) Η λειτουργία ενός μετασχηματιστή βασίζεται στο φαινόμενο της αμοιβαίας επαγωγής. *(1 μ)*
Δύο χρήσεις του μετασχηματιστή:
(1) Ανύψωση της τάσης στις γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας ώστε να ελαχιστοποιούνται οι απώλειες στη μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας. *(0,5 μ)*
(2) Μείωση της τάσης που παρέχεται από το δίκτυο για οικιακή χρήση ώστε να λειτουργούν διάφορες ηλεκτρικές συσκευές. *(0,5 μ)*

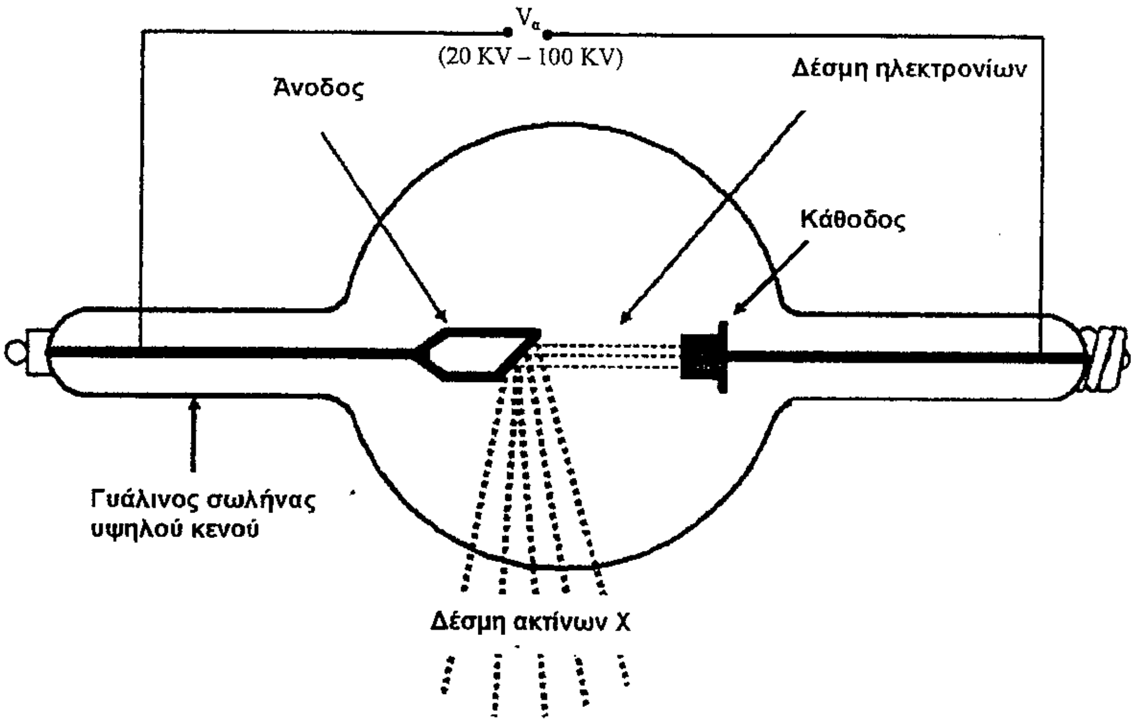
(β) Έχουμε για τον (ιδανικό) μετασχηματιστή: $\frac{V_2}{V_1} = \frac{N_2}{N_1} = \frac{I_1}{I_2}$. *(1 μ)*

Άρα

$\frac{V_2}{V_1} = \frac{I_1}{I_2} \Rightarrow \frac{12}{240} = \frac{I_1}{1} \Rightarrow I_1 = 0,05A$. *(1 μ)*

$\frac{V_2}{V_1} = \frac{N_2}{N_1} \Rightarrow \frac{12}{240} = \frac{100}{N_1} \Rightarrow N_1 = 2000$. *(1 μ)*

4. (α) Σωλήνας παραγωγής ακτίνων Χ (σχηματικά). *(1 μ)*



Η κάθοδος θερμαίνεται με συνεχή τάση και εξάγονται ηλεκτρόνια τα οποία επιταχύνονται με μεγάλη διαφορά δυναμικού προς την άνοδο. Τα ηλεκτρόνια φτάνουν στην άνοδο με μεγάλη ταχύτητα, άρα μεγάλη ενέργεια, και αλληλεπιδρούν με τα άτομα του υλικού της ανόδου. Η παραγωγή των ακτίνων Χ οφείλεται (i) στην απότομη επιβράδυνση των ηλεκτρονίων από τα άτομα του υλικού της ανόδου και (ii) από τις αποδιεγέρσεις των ατόμων του υλικού του ατόμου (στις εσωτερικές ενεργειακές στάθμες). *(2 μ)*
(β) Εφαρμογή των ακτίνων Χ: Στην ιατρική για ακτινογραφία των οστών. *(1 μ)*
Οι ιδιότητες των ακτίνων Χ πάνω στις οποίες στηρίζεται η πιο πάνω εφαρμογή, είναι: (ι) Οι ακτίνες Χ απορροφούνται από τα οστά σε πολύ μεγαλύτερο ποσοστό από την απορρόφηση που παθαίνουν από τους μαλακούς ιστούς, όπως η σάρκα. ***(0,5 μ)***
(ιι) Προκαλούν μαύρισμα στη φωτογραφική πλάκα. ***(0,5 μ)***

5. (α) Από τη γραφική παράσταση βρίσκουμε:
Το πλάτος $V_0 = 2x6 = 12V$, ***(1 μ)***

Άρα η ενεργός τιμή είναι: $V_{εν} = \frac{V_0}{\sqrt{2}} = \frac{12}{\sqrt{2}} = 8{,}497V$. ***(1 μ)***

(β) Από τη γραφική παράσταση βρίσκουμε την περίοδο: $T = 4x2x10^{-3} = 0{,}008s$. ***(2 μ)***

Άρα η συχνότητα είναι: $\nu = \frac{1}{T} = \frac{1}{0{,}008} = 125Hz$. ***(1 μ)***

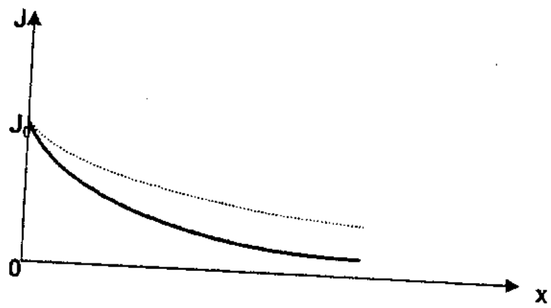
6. (α) Η ένταση ενός κύματος είναι η ενέργεια που περνά ανά μονάδα επιφανείας στη μονάδα του χρόνου, όταν η επιφάνεια είναι κάθετη στη διεύθυνση διάδοσης του κύματος. *(1 μ)*

Η ένταση ορίζεται με τη μαθηματική σχέση: $J = \dfrac{\Delta E}{\Delta S . \Delta t} = \dfrac{P}{\Delta S}$. *(1 μ)*

Για σφαιρικό κύμα: $\Delta S = 4\pi r^2$. Άρα,

$J = \dfrac{P}{4\pi r^2}$. *(1 μ)*

(β) Στη γραφική παράσταση, με διακεκομμένη γραμμή, φαίνεται η ένταση σε σχέση με το πάχος του υλικού, για ακτίνες Χ μεγαλύτερης συχνότητας από τη συχνότητα των ακτίνων με τις οποίες προκύπτει η πρώτη καμπύλη. *(1 μ)*

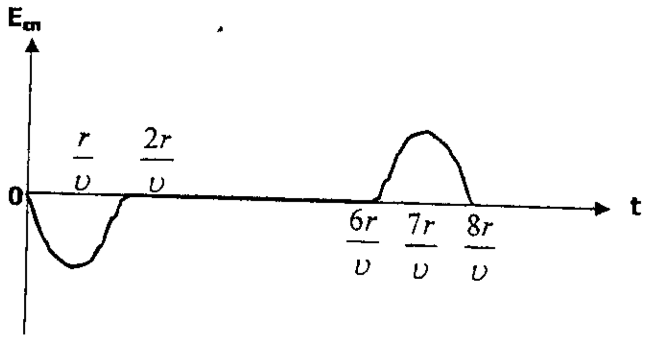


<u>Δικαιολόγηση</u>: Η αύξηση της συχνότητας των ακτίνων Χ μειώνει το συντελεστή απορρόφησης. Επομένως, για το ίδιο πάχος του υλικού, η σχετική μείωση της έντασης των ακτίνων Χ είναι μικρότερη. *(1 μ)*

ΜΕΡΟΣ Β

7. (α) Από την κίνηση του μαγνήτη μεταβάλλεται η μαγνητική ροή που περνά μέσα από το δακτυλίδι. Παράγεται επαγωγική τάση στο δακτυλίδι και εφόσον αυτό είναι ένας κλειστός βρόχος θα διαρρέεται από ρεύμα. ***(2 μ)***
(β) Η διεύθυνση του ρεύματος στο δακτυλίδι είναι η διεύθυνση από το (1) προς το (2), όπως στο σχήμα της ερώτησης. ***(1 μ)***
Η διεύθυνση του ρεύματος βρίσκεται από τον κανόνα του Lenz: Το επαγωγικό μαγνητικό πεδίο που δημιουργείται από το επαγωγικό ρεύμα, τείνει να απωθήσει το μαγνήτη ο οποίος πλησιάζει το δακτυλίδι. Άρα δημιουργείται, προς το μέρος του μαγνήτη που πλησιάζει, ο βόρειος πόλος του πεδίου έτσι ώστε να απωθεί το μαγνήτη. Για να συμβεί αυτό θα πρέπει η φορά του ρεύματος να είναι όπως αναφέρθηκε πιο πάνω. (Τα δάκτυλα του δεξιού χεριού δείχνουν τη φορά του ρεύματος στο δακτυλίδι και ο αντίχειρας δείχνει το βόρειο πόλο του πεδίου). ***(1 μ)***

(Β) ***(2 μ)***



για αντίθετη σωστή

αν το κάνει τετράγωνο
αφαιρεί μία μονάδα
τριγωνικό αφαιρεί 0,5 μον

(Γ) Από το νόμο του Ohm:

$$I = \frac{E_{επ}}{R_{ολ}} = \frac{E_{επ}}{R_{π} + R}. \textbf{ (0,5 μ)}$$

Η επαγωγική Η.Ε.Δ., $E_{επ}$ δίνεται από το νόμο του Faraday:

$$E_{επ} = -\mathrm{N}\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}. \textbf{ (0,5 μ)}$$

Η αρχική μαγνητική ροή που περνά από το πηνίο είναι:

$$\Phi = \mathrm{B}S = B\pi r^2. \textbf{ (0,5 μ)}$$

Η μαγνητική ροή όταν το πηνίο βρίσκεται έξω από το πεδίο είναι μηδέν. Άρα η μεταβολή της ροής είναι:

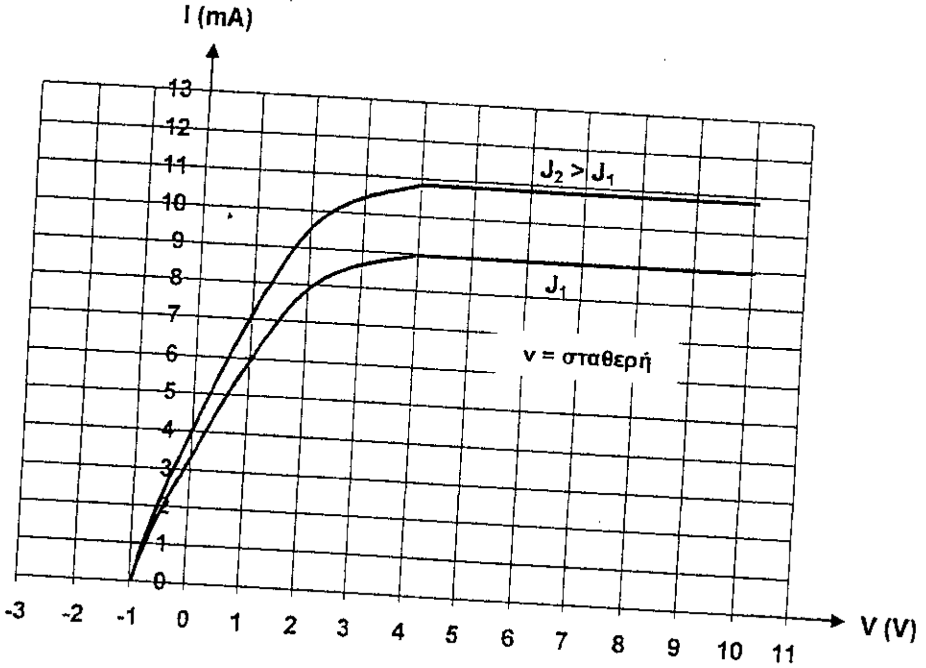
$$\Delta\Phi = 0 - B\pi r^2 = -B\pi r^2. \textbf{ (0,5 μ)}$$

Αντικαθιστώντας,

$$I=\frac{E_{\varepsilon\pi}}{R_{o\lambda}}=\frac{-N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}}{R_\pi+R}=\frac{N\frac{B\pi r^2}{\Delta t}}{R_\pi+R}=\frac{480\frac{0,72x3,14x0,075^2}{0,22}}{5+30}=0,79A.$$ ***(2 μ)***

8. (α) Το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο είναι η εξαγωγή ηλεκτρονίων από ένα μέταλλο με την πρόσπτωση σε αυτό ακτινοβολίας κατάλληλης συχνότητας. ***(2 μ)***

(β) (ι) ***(1 μ)***



(ιι) Η τάση αποκοπής είναι η ελάχιστη τιμή της διαφοράς δυναμικού που πρέπει να εφαρμοστεί μεταξύ της ανόδου και της καθόδου σε ένα φωτοκύτταρο ώστε να μηδενιστεί το ηλεκτρικό ρεύμα. (Η άνοδος είναι σε αρνητικό δυναμικό σε σχέση με την κάθοδο). ***(1 μ)***
Η υπεριώδης ακτινοβολία έχει μεγαλύτερη συχνότητα από την κυανή. Από τη σχέση $E_{\kappa\iota\nu}=h\nu-b$ συμπεραίνουμε ότι τα εξερχόμενα ηλεκτρόνια από την κάθοδο έχουν μεγαλύτερη κινητική ενέργεια. Από τη σχέση $E_{\kappa\iota\nu}=eV_{\alpha\pi}$ καταλήγουμε ότι η απόλυτη τιμή της τάσης αποκοπής θα αυξηθεί.
(1 μ)
(ιιι) Όταν η ανοδική τάση παίρνει τιμές μεγαλύτερες από 4 V στη δεδομένη καμπύλη του φωτοκύτταρου, το ρεύμα παραμένει σταθερό. Αυτό οφείλεται στο ότι όλα τα ηλεκτρόνια που εξέρχονται από την κάθοδο στη μονάδα του χρόνου φτάνουν με τον ίδιο ρυθμό στην άνοδο προκαλώντας μια σταθερή τιμή στην ένταση του ρεύματος. Η περαιτέρω αύξηση της τάσης δεν προκαλεί αύξηση του αριθμού των εξερχόμενων ηλεκτρονίων, κάτι που εξαρτάται από την ένταση της ακτινοβολίας, η οποία είναι σταθερή. ***(1 μ)***

(iv) $E_{κιν} = eV_{απ} = 1,6x10^{-19} x1 = 1,6x10^{-19} J$. *(1 μ)*

$E_{\phi} = b + E_{κιν} \Rightarrow b = E_{\phi} - E_{κιν} \Rightarrow b = \frac{hc}{\lambda} - eV_{απ}$. *(1 μ)*

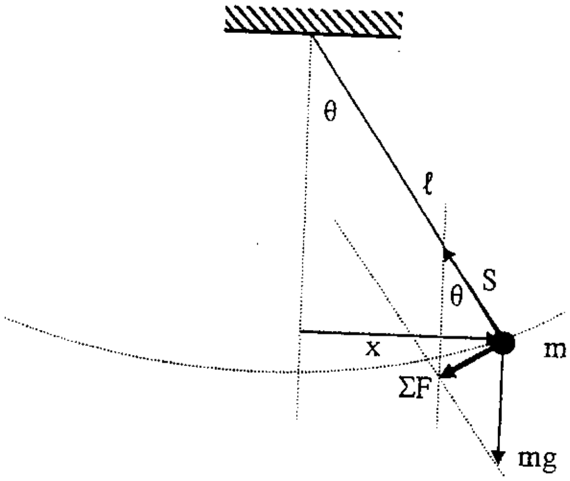
Αντικαθιστούμε,

$$b = \frac{hc}{\lambda} - eV_{απ} = \frac{6,64x10^{-34} x3x10^{8}}{4,50x10^{-7}} - 1,6x10^{-19} = 2,83x10^{-19} J \text{ . } \textit{(1 μ)}$$

Στην οριακή συχνότητα, $E_{κιν} = 0$. Άρα,

$$h\nu_{op} = b \Rightarrow \nu_{op} = \frac{b}{h} = \frac{2,83x10^{-19}}{6,64x10^{-34}} = 4,26x10^{14} Hz \text{ . } \textit{(1 μ)}$$

9. (α) Για να εκτελεί ένα σώμα γραμμική αρμονική ταλάντωση πρέπει η συνισταμένη δύναμη στο σώμα να είναι ανάλογη της απομάκρυνσης από τη θέση ισορροπίας και αντίθετης φοράς. (ή με σχέση: $\Sigma F = -Kx$) *(2 μ)*
(β) Οι δυνάμεις στο εκκρεμές φαίνονται στο σχήμα. *(0,5 μ)*



Από το σχήμα,

$$\eta\mu\theta = \frac{\Sigma F}{mg} \Rightarrow \Sigma F = mg\eta\mu\theta \text{ . } \textit{(0,5 μ)}$$

Είναι, από το σχήμα

$$\eta\mu\theta = \frac{x}{\ell}$$

Άρα,

$$\Sigma\vec{F} = -(\frac{mg}{\ell})\vec{x} \text{ . } \textit{(1 μ)}$$

Για μικρές μετατοπίσεις, η γωνία θ είναι πολύ μικρή, έτσι ώστε το τόξο στο οποίο κινείται το σώμα να συμπίπτει, σχεδόν, με την αντίστοιχη χορδή.
Το αρνητικό πρόσημο οφείλεται στη φορά της F η οποία είναι αντίθετη της απομάκρυνσης x από τη θέση ισορροπίας.

Η πιο πάνω σχέση είναι η συνθήκη ταλάντωσης για το εκκρεμές. Η σταθερά ταλάντωσης είναι,

$K = \frac{mg}{\ell}$. ***(1 μ)***

Η περίοδος, για αρμονική ταλάντωση, είναι,

$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{K}}$, Άρα

$T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$. ***(1 μ)***

(γ) (i) Η περίοδος είναι ανεξάρτητη της μάζας, άρα η περίοδος θα παραμένει ίση με 2 s. ***0,5 μ)***
(ii) Η νέα τιμή της περιόδου θα είναι,

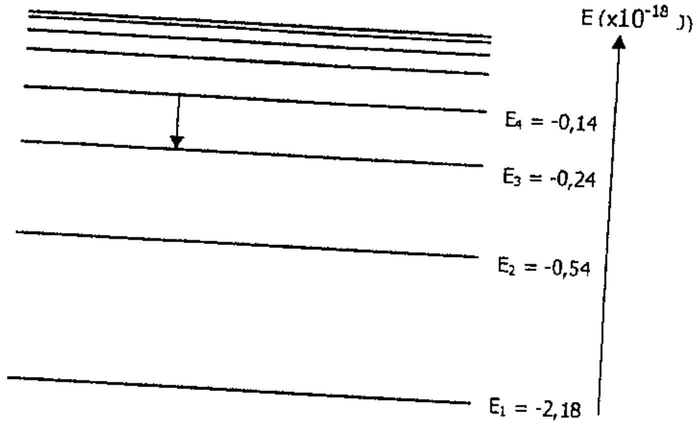
$T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{2g}} = \frac{2}{\sqrt{2}}s = \sqrt{2}s = 1{,}41s$. ***(0,5 μ)***

(iii) Έχουμε,

$T = 2\pi\sqrt{\frac{2\ell}{g}} = 2\sqrt{2}s = 2{,}83s$. ***(0,5 μ)***

(iv) το πλάτος της ταλάντωσης δεν επηρεάζει την περίοδο, εφόσον αυτή παραμένει αρμονική κίνηση. Άρα η περίοδος θα παραμείνει ίση με 2 s. ***(0,5 μ)***
(γ) (i) Στη θέση ισορροπίας η ταχύτητα είναι μέγιστη. Άρα, t = 0,1 s. ***(0,5 μ)***
(ii) Η κινητική ενέργεια είναι μέγιστη όταν η ταχύτητα είναι μέγιστη. Άρα, t = 0,1 s. ***(0,5 μ)***
(iii) Η επιτάχυνση είναι μέγιστη στη μέγιστη μετατόπιση από τη θέση ισορροπίας (ταχύτητα ίση με μηδέν). Άρα, t = 0,2 s. ***(0,5 μ)***
(iv) Η δύναμη επαναφοράς είναι μέγιστη όταν η επιτάχυνση είναι μέγιστη. Άρα, t = 0,2 s. ***(0,5 μ)***

(γ) (i) ***(1 μ)***



(ii) $\frac{hc}{\lambda} = E_3 - E_1$

$\lambda = \frac{hc}{E_3 - E_1}$. ***(1,5 μ)***

Αντικαθιστούμε:

$$\lambda = \frac{6,64x10^{-34}x3x10^{8}}{(-0,24+2,18)x10^{-18}} = \frac{1,992x10^{-25}}{1,94x10^{-18}}$$

$$\lambda = 1,03x10^{-7}m = 103nm$$

(1 μ)

Το μήκος κύματος αυτό δεν ανήκει στο ορατό φάσμα. ***(0,5 μ)***

ΜΕΡΟΣ Γ

13. (α) $\omega = 2\pi\nu = \frac{2\pi}{T}$. ***(0,5 μ)***

$\omega = 2\pi\nu = \frac{2x\pi}{0,5} = 4\pi = 12,56 rad/s$. ***(0,5 μ)***

$K = m\omega^2$. ***(0,5 μ)***

$K = 0,4(16\pi^2) = 6,4\pi^2 = 63,10 N/m$. ***(0,5 μ)***

(β) $E = \frac{1}{2}Ky_0^2$. ***(0,5 μ)***

$E = \frac{1}{2}63,10(0,2)^2 = 1,262 J$. ***(0,5 μ)***

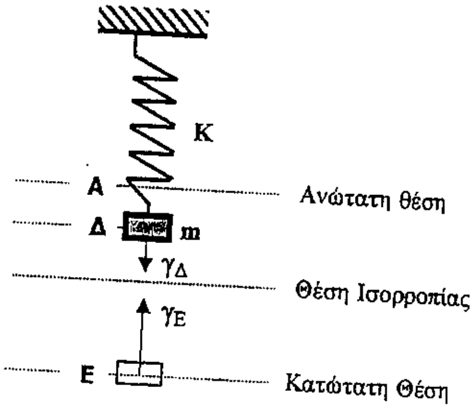
(γ) $\gamma = -\omega^2 y$. ***(0,5 μ)***

$\gamma = -16\pi^2 x 0,1 = -1,6\pi^2 = -15,78 m/s^2$. ***(0,5 μ)***

(δ) $\upsilon = \omega\sqrt{y_0^2 - y^2}$. ***(0,5 μ)***

$\upsilon = 12,56\sqrt{0,2^2 - 0,1^2} = 2,18 m/s$. ***(0,5 μ)***

(ε) ***(1 μ)***



(στ) Η εξίσωση ταλάντωσης του σώματος, για μια τυχαία αρχική θέση, είναι:

$y = y_0 \eta\mu(\omega t + \theta_0)$. ***(0,5 μ)***

Για t = 0, y = 0,1. ***(0,5 μ)***

Άρα,

$0{,}1 = 0{,}2\eta\mu\theta_0 \Rightarrow \eta\mu\theta_0 = 0{,}5 \Rightarrow \theta_0 = \frac{\pi}{6}$. ***(0,5 μ)***

Επομένως,

$y = 0{,}2\eta\mu(4\pi t + \frac{\pi}{6})$. ***(0,5 μ)***

(ζ) Στη θέση Α, είναι y = 0,2 m. ***(0,5 μ)***

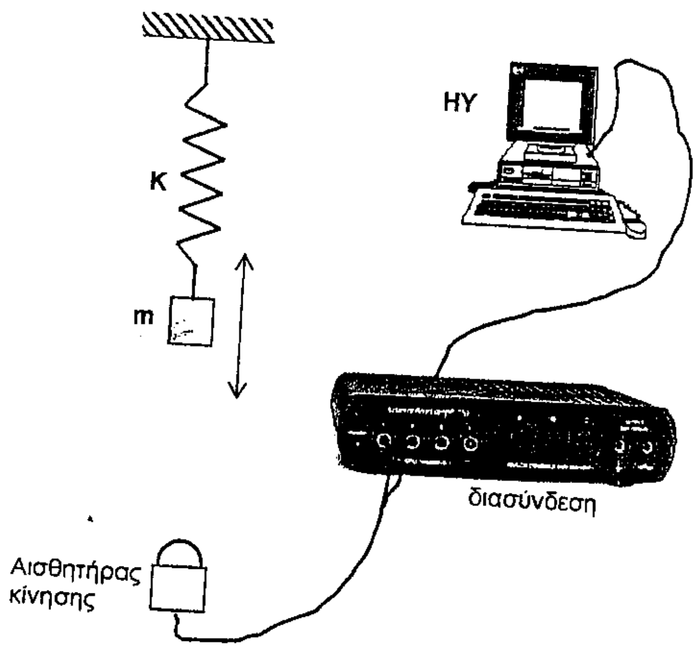
Άρα,

$0{,}2 = 0{,}2\eta\mu(4\pi t + \frac{\pi}{6})$. ***(0,5 μ)***

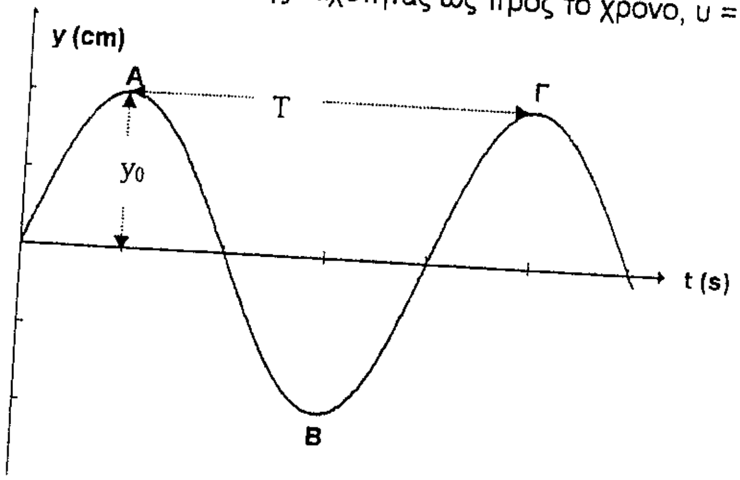
$\Rightarrow 1 = \eta\mu(4\pi t + \frac{\pi}{6}) \Rightarrow 4\pi t + \frac{\pi}{6} = \frac{\pi}{2}$. ***(0,5 μ)***

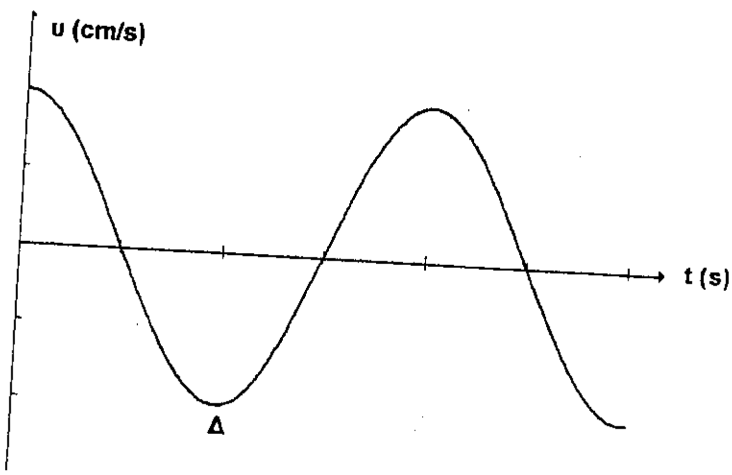
$\Rightarrow 4t = \frac{1}{3} \Rightarrow t = \frac{1}{12}s$. ***(0,5 μ)***

(Β) Πειραματική διάταξη. *(2 μ)*



Στην οθόνη του υπολογιστή θα πάρουμε τις γραφικές παραστάσεις της θέσης ως προς το χρόνο, y = f(t) και της ταχύτητας ως προς το χρόνο, υ = f(t). *(1 μ)*





Από τη γραφική παράσταση y = f(t) υπολογίζουμε το πλάτος ταλάντωσης όπως φαίνεται στο σχήμα. ***(0,5 μ)***
Η περίοδος βρίσκεται αν μετρήσουμε το χρονικό διάστημα ΑΓ. ***(0,5 μ)***
Συγκρίνοντας τις δύο γραφικές παραστάσεις, βρίσκουμε ότι έχουν διαφορά φάσης $\frac{\pi}{2}$, εφόσον η κορυφή Α της συνάρτησης y = f(t) και η κορυφή Δ της συνάρτησης υ = f(t) διαφέρουν χρονικά κατά $\frac{T}{4}$, όπου Τ είναι η περίοδος της ταλάντωσης που αντιστοιχεί σε ένα κύκλο (2π).
(1 μ)

14. (Α) (i) Από τη γραφική παράσταση:

$\psi_0 = 1cm$. ***(0,5 μ)***
$\lambda = 8cm$. ***(0,5 μ)***

Από τη σχέση $\upsilon = \lambda\nu$, βρίσκουμε,
$\lambda = \frac{\upsilon}{\nu}$. ***(0,5 μ)***
Αντικαθιστούμε,

$\nu = \frac{40cm/s}{8cm} = 5Hz$. ***(0,5 μ)***

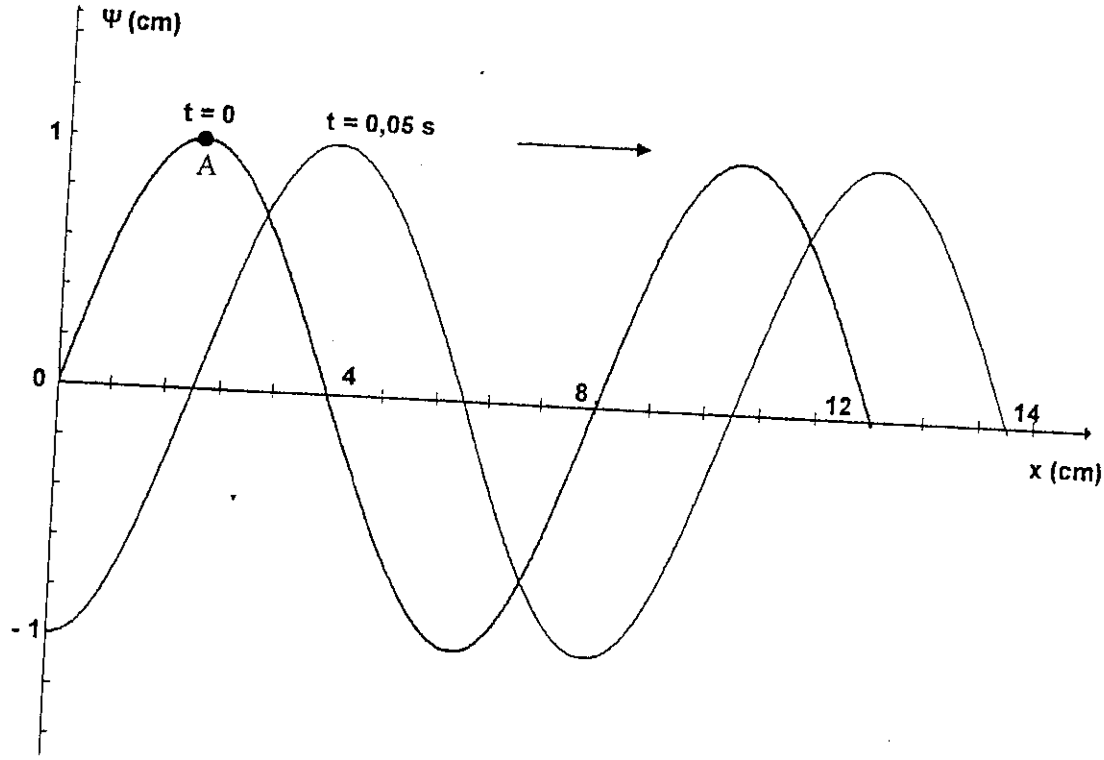
Η εξίσωση του κύματος είναι,

$\psi = \psi_0 \eta\mu[2\pi(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}) + \pi]$. ***(1 μ)*** δεν κόβω αν δεν βάλει αρχική φάση

Αντικαθιστούμε,

$\psi = 0{,}01\eta\mu[2\pi(5t - 12{,}5x) + \pi]$, μονάδες στο S.I. ***(1 μ)***

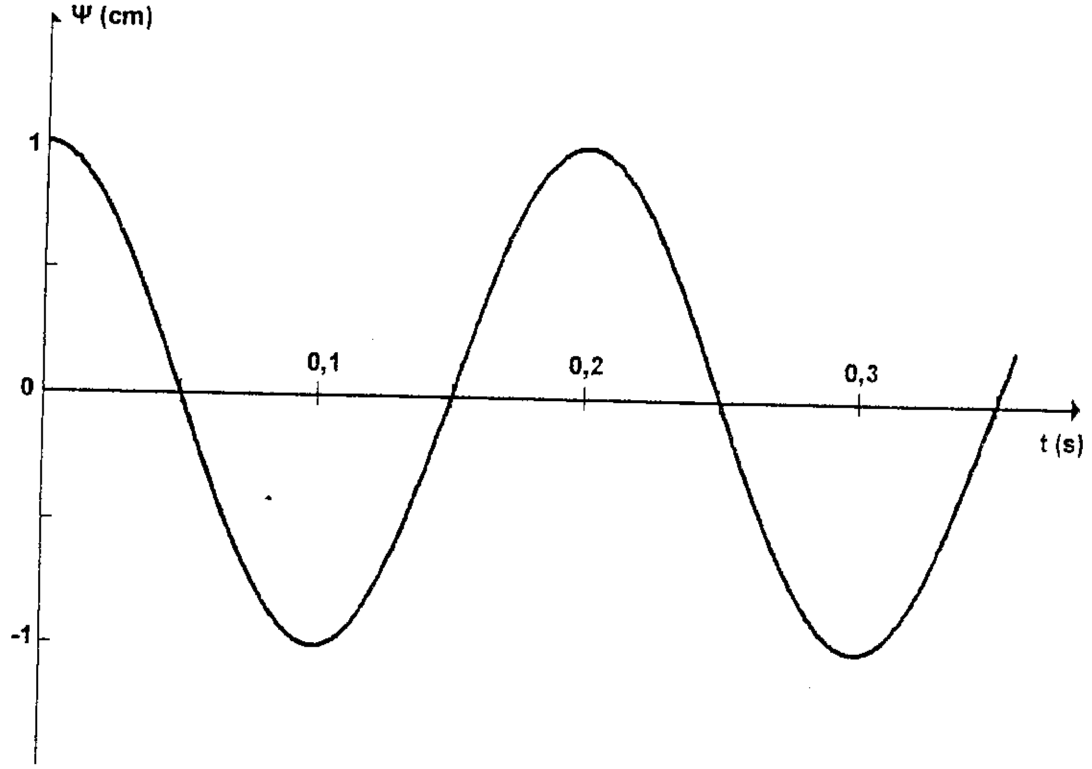
(ii) Η περίοδος της ταλάντωσης είναι $T = \frac{1}{\nu} = \frac{1}{5} = 0{,}2s$. Άρα η στιγμή t = 0,05 s διαφέρει από τη στιγμή t = 0 κατά $\frac{T}{4}$.
Εύκολα προκύπτει έτσι το στιγμιότυπο του κύματος τη στιγμή t = 0,05, όπως στο σχήμα. ***(2 μ)***



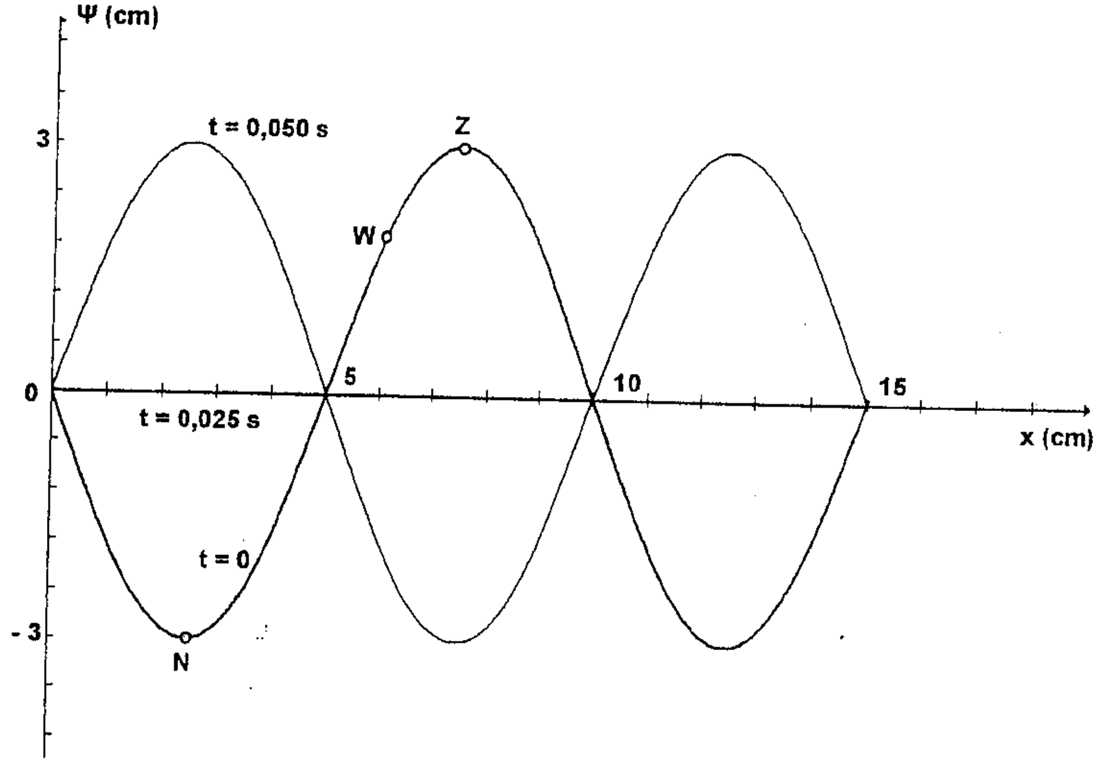
(ιιι) Το σημείο Α τη στιγμή t = 0 βρίσκεται στη θέση μέγιστης μετατόπισης από τη θέση ισορροπίας. Άρα το σημείο Α εκτελεί αρμονική ταλάντωση της μορφής

$\psi = \psi_0 \sigma \upsilon \nu \frac{2\pi}{T} t$ ή $\psi = 0{,}01 \sigma \upsilon \nu 10\pi t$,

από τη σχέση εύκολα προκύπτει η γραφική παράσταση.
(2 μ)



B (i) *(2 μ)*



(ii) Η συχνότητα ταλάντωσης των σωματιδίων N, W και Z είναι για όλα η ίδια. (ίση με $\nu = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,1} = 10Hz$). ***(1 μ)***

Η φάση των σωματιδίων W και Z είναι η ίδια, τα σωματίδια εκτελούν ταλάντωση σε φάση. Τα σωματίδια W και Z σε σχέση με το σωματίδιο N εκτελούν ταλάντωση με διαφορά φάσης π. Επομένως η φάση του N διαφέρει της φάσης των W και Z κατά π. ***(1 μ)***

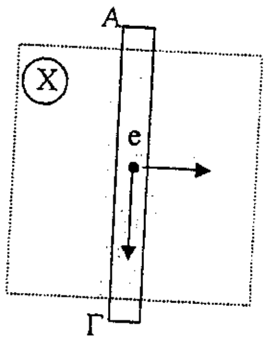
Το πλάτος ταλάντωσης των σωματιδίων N και Z είναι το ίδιο (ίσο με 3 cm), ενώ του W είναι μικρότερο. ***(1 μ)***

(iii) Για να δημιουργηθεί στάσιμο κύμα πρέπει δύο όμοια κύματα (του ιδίου πλάτους και της ίδιας συχνότητας) να διαδίδονται σε αντίθετες κατευθύνσεις και να συμβάλλουν. ***(1 μ)***

15. (α) Κατά την κίνηση της ράβδου μέσα στο μαγνητικό πεδίο, τα ελεύθερα ηλεκτρόνιά της δέχονται δύναμη από το μαγνητικό πεδίο. Ως αποτέλεσμα αυτής της δύναμης τα ηλεκτρόνια κινούνται προς το ένα άκρο της ράβδου (προς το Γ σε αυτή την περίπτωση). Η περιοχή στο άκρο Γ θα παρουσιάσει πλεόνασμα ηλεκτρονίων, ενώ η περιοχή στο άλλο άκρο, Α, θα παρουσιάσει έλλειμμα ηλεκτρονίων. Αναπτύσσεται έτσι διαφορά δυναμικού στα άκρα της ράβδου. ***(2 μ)***

(β) Η μαγνητική δύναμη Laplace που δέχεται ένα ηλεκτρόνιο κατά την κίνηση της ράβδου είναι:

$F_L = B\upsilon e$, όπου e είναι το φορτίο του ηλεκτρονίου. ***(0,5 μ)***



Η κίνηση ηλεκτρονίων προς το άκρο Γ της ράβδου δημιουργεί ηλεκτρικό πεδίο μέσα στη ράβδο.

Το ηλεκτρικό πεδίο εξασκεί δύναμη στα ηλεκτρόνια, ίση με

$F_E = Ee$, όπου Ε είναι η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου. ***(0,5 μ)***

Η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου αυξάνεται αρχικά μέχρι η ηλεκτροστατική δύναμη Coulomb από το ηλεκτρικό πεδίο, F_C, που εξασκείται στα ηλεκτρόνια γίνει ίση σε μέτρο και αντίθετης φοράς με τη μαγνητική δύναμη Laplace. Τότε,

$F_L = F_C$. Άρα

$B\upsilon e = Ee \Rightarrow B\upsilon = E$. ***(0,5 μ)***

Στην περίπτωση αυτή που το πεδίο είναι ομογενές,

$E = \frac{V}{\ell}$. *(0,5 μ)*

Αν αντικαταστήσουμε τη διαφορά δυναμικού V με την επαγωγική τάση $E_{επ}$ και το μήκος ℓ με την απόσταση α (το μήκος της ράβδου που βρίσκεται μέσα στο μαγνητικό πεδίο), παίρνουμε,

$E = \frac{E_{επ}}{\alpha}$. ***(0,5 μ)*** **.** Άρα

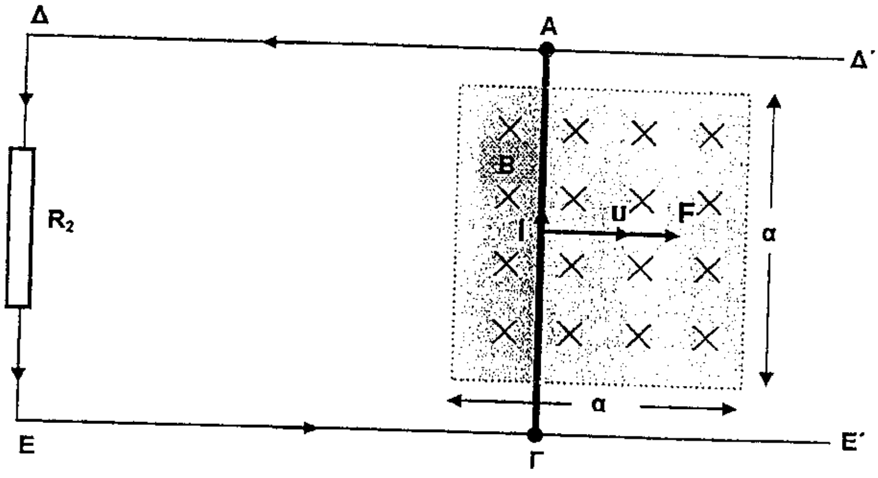
$B\upsilon = \frac{E_{επ}}{\alpha} \Rightarrow E_{επ} = B\upsilon\alpha$. ***(0,5 μ)***

(γ) Η φορά του ρεύματος Ι φαίνεται στο σχήμα. *(1 μ)*
Η ένταση του ρεύματος υπολογίζεται από τη σχέση:

$I = \frac{E_{επ}}{R_{ολ}} = \frac{B\upsilon\alpha}{R_1 + R_2}$. *(1 μ)*

(δ) Η ράβδος δέχεται τη μαγνητική δύναμη Laplace από πεδίο, αντίθετη της ταχύτητας, σύμφωνα με τον κανόνα του Lenz. Άρα, για να διατηρείται σταθερή η ταχύτητα της ράβδου, θα πρέπει η δύναμη F να έχει το ίδιο μέτρο με τη μαγνητική δύναμη Laplace και να είναι αντίθετη με αυτή, δηλαδή στη φορά της ταχύτητας. *(1 μ)*
Η δύναμη F φαίνεται στο σχήμα. *(1 μ)*

$F = F_L \Rightarrow F = BI\alpha = B\frac{B\upsilon\alpha}{R_1 + R_2}\alpha \Rightarrow F = \frac{B^2\upsilon\alpha^2}{R_1 + R_2}$ *(1 μ)*



(ε) Η ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνεται στο βρόχο είναι,

$Q = I^2(R_1 + R_2)t$, **(1 μ)**

όπου $t = \frac{\alpha}{\upsilon}$. **(1 μ)** . Άρα

$$Q = \frac{B^2\upsilon^2\alpha^2}{(R_1+R_2)^2}(R_1+R_2)\frac{\alpha}{\upsilon} \Rightarrow Q = \frac{B^2\upsilon\alpha^3}{R_1+R_2}.$$ **(1 μ)**

(στ) Το έργο της δύναμης F είναι

$W = F.\alpha$, **(0,5 μ)**

εφόσον η δύναμη είναι σταθερή. Άρα

$$W = \frac{B^2\upsilon\alpha^3}{R_1+R_2}.$$ **(0,5 μ)**

(ζ) Συγκρίνοντας τις αντίστοιχες σχέσεις, παρατηρούμε ότι η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται στο βρόχο είναι ίση με το έργο της δύναμης που διατηρεί την κίνηση της ράβδου. **(0,5 μ)**
Το αποτέλεσμα αυτό είναι σε συμφωνία με την αρχή διατήρησης της ενέργειας, (κανόνας του Lenz). **(0,5 μ)**

---------------------------------------ΤΕΛΟΣ---------------------------------------