<u>ΘΕΜΑ Α</u>

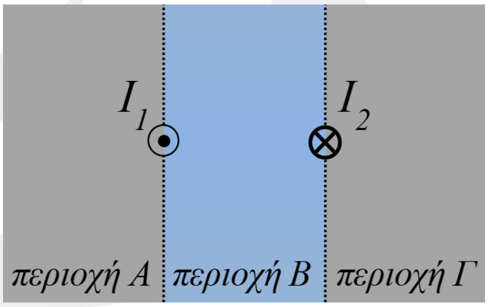
Να γράψετε στο τετράδιό σας τον αριθμό καθεμιάς από τις παρακάτω ερωτήσεις (Α1-Α4) και δίπλα το γράμμα που αντιστοιχεί στη σωστή απάντηση.

Α1. Στην επιφάνεια ενός υγρού βρίσκονται δύο σύγχρονες πηγές αρμονικών κυμάτων, στα σημεία Α, Β αντίστοιχα, τα οποία τη χρονική στιγμή $t = 0$ αρχίζουν να εκτελούν κατακόρυφη απλή αρμονική ταλάντωση με εξίσωση $y = A\eta\mu\omega t$. Τα κύματα από τις δύο πηγές φτάνουν σε ένα σημείο Σ με χρονική διαφορά 3Τ, όπου Τ η περίοδος ταλάντωσης. Το σημείο Σ μετά τη συμβολή :

α. παραμένει ακίνητο.
β. έχει πλάτος ταλάντωσης Α.
γ. έχει πλάτος ταλάντωσης 2Α.
δ. έχει πλάτος ταλάντωσης Α/2.

Μονάδες 5

Α2. Δύο παράλληλοι ευθύγραμμοι αγωγοί μεγάλου μήκους διαρρέονται από αντίρροπα ρεύματα εντάσεων I_1 και I_2 αντίστοιχα. Οι εντάσεις των δύο μαγνητικών πεδίων έχουν την ίδια κατεύθυνση



α. στις περιοχές Α και Β.
β. στις περιοχές Α και Γ.
γ. στις περιοχές Β και Γ.
δ. μόνο στην περιοχή Β.

Μονάδες 5

Α3. Ο κανόνας του Lenz :

α. προσδιορίζει τη φορά του επαγωγικού ρεύματος και αποτελεί συνέπεια της αρχής διατήρησης του ηλεκτρικού φορτίου.

β. προσδιορίζει την πολικότητα της επαγωγικής τάσης και αποτελεί συνέπεια της αρχής διατήρησης της ορμής.
γ. δίνει τη φορά του επαγωγικού ρεύματος χωρίς να εκφράζει κάποια αρχή διατήρησης.
δ. προσδιορίζει τη φορά του επαγωγικού ρεύματος και αποτελεί συνέπεια της αρχής διατήρησης της ενέργειας.

Μονάδες 5

Α4. Όταν ένα φορτισμένο σωματίδιο εκτοξευθεί υπό γωνία θ σε σχέση με τις δυναμικές γραμμές ενός ομογενούς μαγνητικού πεδίου, τότε το σωματίδιο εκτελεί κίνηση
α. που αποτελεί σύνθεση μιας ομαλής κυκλικής και μιας ευθύγραμμης ομαλής.
β. που είναι ομαλή κυκλική.
γ. καμπυλόγραμμη με επιτρόχιο επιτάχυνση.
δ. που αποτελεί σύνθεση μιας ομαλής κυκλικής και μιας ευθύγραμμης ομαλά επιταχυνόμενης.

Μονάδες 5

Α5. Να γράψετε στο τετράδιό σας το γράμμα κάθε πρότασης και δίπλα σε κάθε γράμμα τη λέξη Σωστό, για τη σωστή πρόταση, και τη λέξη Λάθος, για τη λανθασμένη.
α. Μέσα σε ένα μαγνητικό πεδίο κάθε κινούμενο σωματίδιο δέχεται δύναμη, αρκεί να είναι φορτισμένο.
β. Σε ένα στρεφόμενο αγωγό η πολικότητα της ηλεκτρεγερτικής δύναμης από επαγωγή που αναπτύσσεται εξαρτάται από τη φορά περιστροφής του.
γ. Τα διαμήκη κύματα διαδίδονται μόνο στα υγρά σώματα.
δ. Ο Γάλλος φυσικός $Ampére$ υποστήριξε ότι το ηλεκτρικό ρεύμα είναι η μοναδική πηγή των μαγνητικών φαινομένων.
ε. Ο νόμος των $Biot - Savart$ είναι ο θεμελιώδης νόμος στον μαγνητισμό και παίζει ρόλο ανάλογο με εκείνον του νόμου του $Coulomb$ στον στατικό ηλεκτρισμό.

Μονάδες 5

<u>ΘΕΜΑ Β</u>

Β1. Μια οριζόντια χορδή ΟΑ μήκους $L = \frac{7\lambda}{4}$, που ταυτίζεται με τον θετικό ημιάξονα Οx έχει το ένα της άκρο Α ακλόνητα στερεωμένο στη θέση $x = L$, ενώ το ελεύθερο άκρο της Ο βρίσκεται στην θέση $x = 0$. Στη χορδή έχει δημιουργηθεί στάσιμο κύμα, εξαιτίας της συμβολής δύο εγκάρσιων αρμονικών κυμάτων ίδιου πλάτους Α, ίδιας περιόδου Τ και ίδιου μήκους κύματος λ, τα οποία διαδίδονται ταυτόχρονα στη χορδή προς αντίθετες κατευθύνσεις.

Α. Ο αριθμός των κοιλιών που εμφανίζονται στην χορδή ΟΑ είναι:

α) 4 **β)** 3 **γ)** 2

Να επιλέξετε την σωστή απάντηση

Μονάδες 1

Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

Μονάδες 3

Β. Με κατάλληλο μηχανισμό, μεταβάλλουμε την περίοδο του στάσιμου κύματος που διαδίδεται στη χορδή. Για να εμφανίζονται στη χορδή 6 κοιλίες θα πρέπει ο λόγος $\frac{T}{T'}$ ισούται με:

α) $\frac{T}{T'} = \frac{7}{11}$ **β)** $\frac{T}{T'} = \frac{11}{7}$ **γ)** $\frac{T}{T'} = \frac{11}{5}$

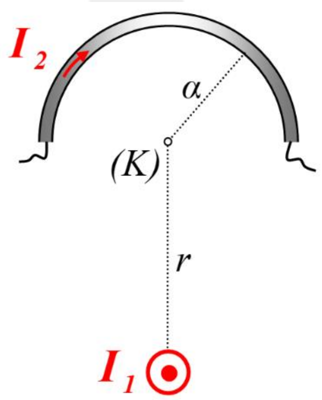
Να επιλέξετε την σωστή απάντηση

Μονάδες 1

Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

Μονάδες 3

Β2. Στο διπλανό σχήμα ο ημικυκλικός αγωγός έχει ακτίνα α, διαρρέεται από ηλεκτρικό έντασης $I_2 = \frac{I}{\pi}$, ενώ ο ευθύγραμμος αγωγός έχει άπειρο μήκος, διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα έντασης $I_1 = I$, είναι κάθετος στο επίπεδο του ημικυκλικού αγωγού και απέχει από το κέντρο του (K) απόσταση $r = 2\alpha$. Το μέτρο της έντασης του συνολικού μαγνητικού πεδίου στο κέντρο (K) του ημικυκλικού αγωγού είναι:



α) $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi\alpha}$ **β)** $B = \frac{\mu_0 I\sqrt{2}}{4\pi\alpha}$ **γ)** $B = \frac{3\mu_0 I}{2\pi\alpha}$

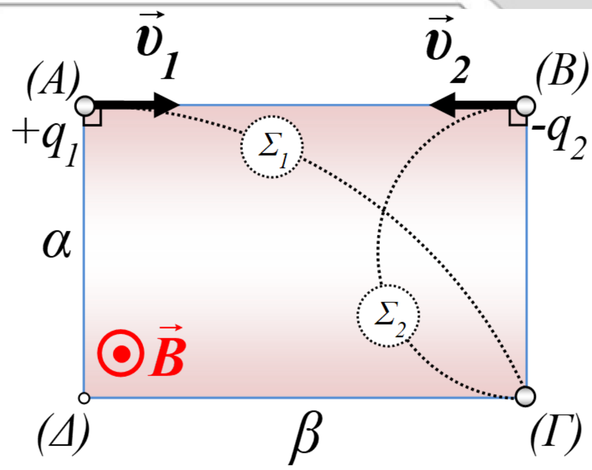
Να επιλέξετε την σωστή απάντηση

Μονάδες 2

Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

Μονάδες 6

Β3. Σε μια περιοχή επικρατεί ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης $\vec{B}$ του οποίου η κάθετη τομή είναι ορθογώνιο $ΑΒΓΔ$ με πλευρές α και $\beta = \alpha\sqrt{3}$, όπως φαίνεται στο σχήμα. Από την κορυφή (A) της πλευράς (AB) εισέρχεται θετικά φορτισμένο σωματίδιο Σ_1 που έχει μάζα m_1, ηλεκτρικό φορτίο $+q_1$ με ταχύτητα μέτρου υ_1 της οποίας η διεύθυνση είναι κάθετη στην πλευρά $(A\Delta)$. Ταυτόχρονα με το σωματίδιο Σ_1, από την κορυφή (B) της πλευράς (AB) εισέρχεται αρνητικά φορτισμένο σωματίδιο Σ_2 που έχει μάζα m_2, ηλεκτρικό φορτίο $-q_2$ με ταχύτητα μέτρου υ_2 της οποίας η διεύθυνση είναι κάθετη στην πλευρά $(B\Gamma)$. Αν τα δύο σωματίδια εξέρχονται από το πεδίο ταυτόχρονα από την κορυφή (Γ) της πλευράς $(\Gamma\Delta)$, ο λόγος των μέτρων των ταχυτήτων $\frac{\upsilon_1}{\upsilon_2}$ είναι:



α) $\frac{\upsilon_1}{\upsilon_2} = \frac{4}{3}$ **β)** $\frac{\upsilon_1}{\upsilon_2} = \frac{3}{4}$ **γ)** $\frac{\upsilon_1}{\upsilon_2} = \frac{3}{2}$

Να επιλέξετε την σωστή απάντηση

Μονάδες 2

Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

Μονάδες 6

ΘΕΜΑ Γ

Ένα εγκάρσιο αρμονικό κύμα διαδίδεται κατά μήκος ενός γραμμικού ελαστικού μέσου που ταυτίζεται με τον άξονα x′x . Τη χρονική στιγμή $t = 0$ το υλικό σημείο που βρίσκεται στην αρχή $O(x = 0)$ του άξονα διέρχεται από τη θέση ισορροπίας του κινούμενο με θετική ταχύτητα. Η εξίσωση του στιγμιότυπου του κύματος την χρονική στιγμή $t_1 = 2\ s$ είναι:

$$y = 0{,}02\ \eta\mu\ \pi\left(4 - \frac{x}{10}\right)$$ (y σε m ,x σε cm,t σε s).

Γ1. Να υπολογίσετε την περίοδο και το μήκος κύματος του κύματος καθώς και την ταχύτητα διάδοσής του.

Μονάδες 6

Γ2. Τη χρονική στιγμή t_1 η φάση ενός υλικού σημείου Κ του ελαστικού μέσου είναι $\varphi_K = 3\pi\ rad$. Να βρείτε την θέση του σημείου Κ (μονάδες 2) και να σχεδιάσετε την γραφική παράσταση της φάσης του σημείου Κ σε συνάρτηση με το χρόνο από την χρονική στιγμή $t = 0$ έως την χρονική στιγμή που διέρχεται από την αρνητική ακραία του θέση για πρώτη φορά. (μονάδες 5)

Μονάδες 7

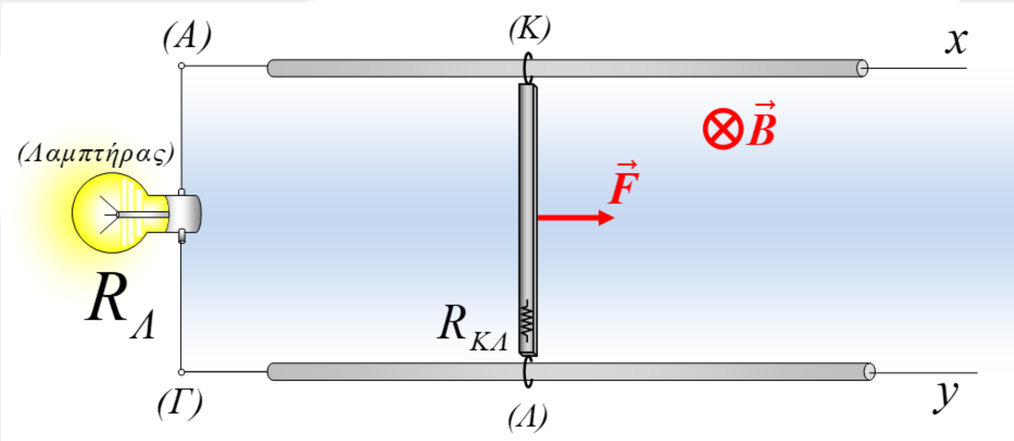
Γ3. Ένα δεύτερο υλικό σημείο Λ του ελαστικού μέσου ξεκινά να ταλαντώνεται $0{,}25\ s$ αργότερα από την χρονική στιγμή κατά την οποία ξεκίνησε να ταλαντώνεται το σημείο Κ. Να υπολογίσετε την διαφορά φάσης των ταλαντώσεων των υλικών σημείων Κ και Λ , κάποια χρονική στιγμή που ταλαντώνονται και τα δύο σημεία.

Μονάδες 6

Γ4. Να υπολογίσετε την απομάκρυνση του σημείου Κ από τη θέση ισορροπίας του τη χρονική στιγμή κατά την οποία το μέτρο της ταχύτητας του σημείου Λ είναι $\upsilon = 0{,}02\pi\ m/s$.

Μονάδες 6

<u>ΘΕΜΑ Δ</u>



Ο ευθύγραμμος αγωγός $ΚΛ$ του παραπάνω σχήματος έχει μήκος $l = 1m$, μάζα $m = 0{,}2kg$, ωμική αντίσταση $R_{ΚΛ} = 1Ω$ και μπορεί να κινείται πάνω σε δύο οριζόντιες παράλληλες μεταλλικές αγώγιμες ράβδους $Αx$ και $Γy$ μεγάλου μήκους και αμελητέας ωμικής αντίστασης. Τα άκρα $(Α)$ και $(Γ)$ των δύο ράβδων είναι συνδεδεμένα με λαμπτήρα που έχει αντίσταση $R_Λ = 3Ω$ και έχει στοιχεία κανονικής λειτουργίας ΄΄V_K και P_K΄΄. Ολόκληρη η διάταξη βρίσκεται μέσα σε κατακόρυφο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης μέτρου $B = 1T$. Τη χρονική στιγμή $t = 0$ ασκούμε στο μέσο του αγωγού $ΚΛ$ οριζόντια σταθερή δύναμη $\vec{F}$ που έχει μέτρο $5N$ με αποτέλεσμα ο αγωγός να αρχίζει να κινείται παραμένοντας συνεχώς σε επαφή με τις ράβδους $Αx$ και $Γy$ και κάθετος προς αυτές. Τη χρονική στιγμή t_1 ο αγωγός έχει κινητική ενέργεια $14{,}4J$ ενώ ταυτόχρονα ο ρυθμός μεταβολής της ταχύτητάς του είναι μηδέν.

Δ1. Να υπολογίσετε την τάση από επαγωγή που αναπτύσσεται στα άκρα του αγωγού $ΚΛ$ τη χρονική t_1.

Μονάδες 6

Δ2. Να δικαιολογήσετε γιατί μεταξύ των άκρων $(Κ)$ και $(Λ)$ του αγωγού και των δύο οριζόντιων παράλληλων μεταλλικών αγώγιμων ράβδων $Αx$ και $Γy$ υπάρχει τριβή (μονάδες 3) και στη συνέχεια να υπολογίσετε το συνολικό μέτρο αυτής της τριβής (μονάδες 3).

Μονάδες 6

Δ3. Αν ο λαμπτήρας λειτουργεί κανονικά από τη χρονική στιγμή t_1 και μετά, να υπολογίσετε τα στοιχεία κανονικής του λειτουργίας.

Μονάδες 6

Κάποια χρονική στιγμή $t_2 > t_1$ η δύναμη $\vec{F}$ καταργείται οπότε ο αγωγός μετά από λίγο εκτελώντας επιβραδυνόμενη κίνηση σταματάει.

Δ4. Να υπολογίσετε τον ρυθμό μεταβολής της κινητικής ενέργειας του αγωγού τη χρονική στιγμή t_3 που η ταχύτητα του αγωγού έχει μέτρο ίσο με το 50% του μέτρου που είχε τη χρονική στιγμή t_2 που καταργήθηκε η δύναμη $\vec{F}$.

Μονάδες 4

Δ5. Να υπολογίσετε τη χρονική στιγμή t_3 τον ρυθμό με τον οποίο παράγεται θερμότητα λόγω φαινόμενου $Joule$ στις αντιστάσεις, τον ρυθμό με τον οποίο παράγεται θερμότητα λόγω της τριβής του αγωγού με τις δύο οριζόντιες παράλληλες μεταλλικές αγώγιμες ράβδους και να αποδείξετε ότι το άθροισμά τους ισούται με τον ρυθμό μεταβολής της κινητικής ενέργειας του αγωγού τη χρονική στιγμή t_3.

Μονάδες 3

Θεωρείστε ότι ο αγωγός $ΚΛ$ παραμένει συνεχώς σε επαφή με τις σε δύο οριζόντιες παράλληλες μεταλλικές αγώγιμες ράβδους $Αx$ και $Γy$ και είναι διαρκώς κάθετος προς αυτές.

ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ

ΘΕΜΑ Α

Α1. γ

Α2. β

Α3. δ

Α4. α

Α5. α) Λάθος

β) Σωστό

γ) Λάθος

δ) Σωστό

ε) Σωστό

ΘΕΜΑ Β

Β1. Α. Σωστή απάντηση είναι η (α)

Δικαιολόγηση

Οι θέσεις των κοιλιών προσδιορίζονται από την σχέση $x = \kappa\frac{\lambda}{2}$ (κ $=0, \pm1, \pm2, \pm3, \pm4, \pm5, \ldots\ldots\ldots$)

Ισχύει $0 \leq x \leq L$ ή $0 \leq \kappa\frac{\lambda}{2} \leq L$ ή $0 \leq \kappa\frac{\lambda}{2} \leq \frac{7\lambda}{4}$ ή $0 \leq \kappa \leq 3{,}5$

Οι ακέραιες τιμές του κ είναι 0,1,2,3 .Άρα πάνω στην χορδή ΟΑ σχηματίζονται 4 κοιλίες.

Β. Σωστή απάντηση είναι η (β)

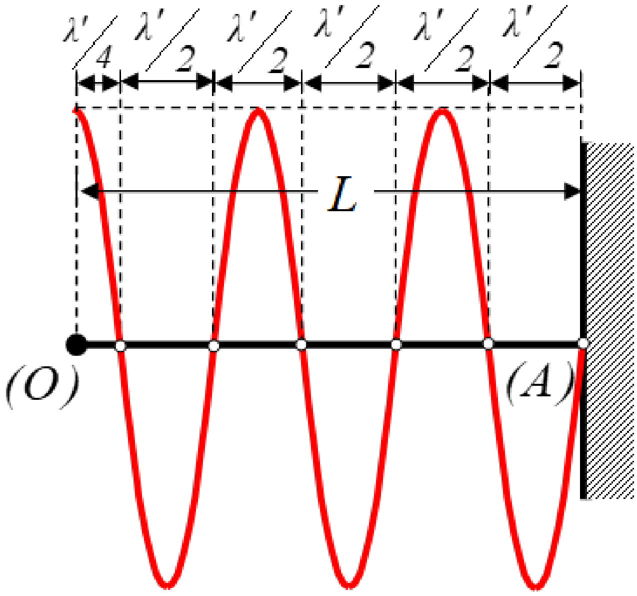
Δικαιολόγηση

Στην χορδή ΟΑ σχηματίζουμε 6 κοιλίες.

Σύμφωνα με το σχήμα έχουμε : $L = \frac{5\lambda'}{2} + \frac{\lambda'}{4} \Rightarrow$

$L = \frac{11\lambda'}{4} \Rightarrow \frac{7\lambda}{4} = \frac{11\lambda'}{4} \Rightarrow$

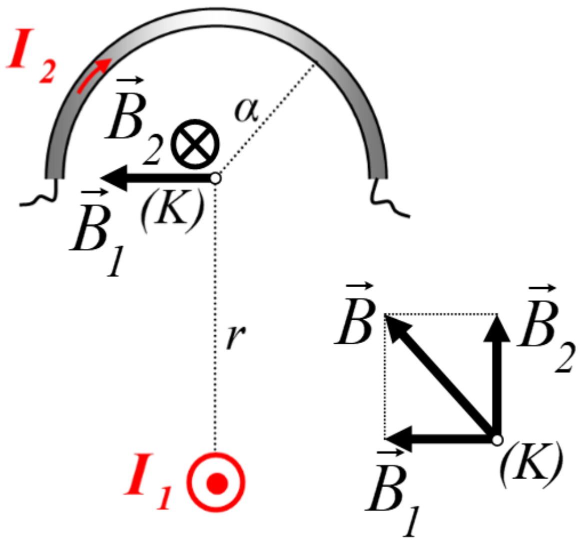
$\frac{7}{4}\upsilon_\delta T \frac{11}{4}\upsilon_\delta T' \Rightarrow \frac{T}{T'} = \frac{11}{7}$



Β2. Σωστή απάντηση είναι η (β)

Δικαιολόγηση

Στο διπλανό σχήμα φαίνονται τα διανύσματα των εντάσεων $\vec{B}_1$ και $\vec{B}_2$ που οφείλονται στον ευθύγραμμο αγωγό και στον ημικυκλικό αγωγό αντίστοιχα.



Για το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου στο σημείο (K) που οφείλεται στον ευθύγραμμο αγωγό έχουμε:

$$B_1 = \frac{\mu_0}{4\pi}\cdot\frac{2I_1}{r} \xrightarrow{r=2\alpha, I_1=I} B_1 = \frac{\mu_0}{4\pi}\cdot\frac{2I}{2\alpha} \Rightarrow$$

$$B_1 = \frac{\mu_0 I}{4\pi\alpha} \quad (1)$$

Για το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου στο σημείο (K) που οφείλεται στον ημικυκλικό αγωγό έχουμε:

Εφαρμόζουμε τον νόμο των $Biot - Savart$ για στοιχειώδες τμήμα του ημικυκλίου για να υπολογίσουμε το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου που δημιουργεί στο (K). Έχουμε:

$$\Delta B_2 = \frac{\mu_0}{4\pi}\cdot\frac{I_2\cdot\Delta l}{\alpha^2}\cdot \eta\mu\theta \quad (2)$$

Ισχύει ότι κάθε στοιχειώδες τμήμα $\Delta\vec{l}$ απέχει από το σημείο (K) απόσταση α ενώ η γωνία μεταξύ κάθε στοιχειώδους τμήματος $\Delta\vec{l}$ και $\vec{r}$ είναι $\theta = \pi/2\, rad$.
Από τη σχέση (2) προκύπτει:

$$\Delta B_2 = \frac{\mu_0}{4\pi}\cdot\frac{I_2\cdot\Delta l}{\alpha^2}\cdot\eta\mu\frac{\pi}{2} \Rightarrow \Delta B_2 = \frac{\mu_0}{4\pi}\cdot\frac{I_2\cdot\Delta l}{\alpha^2}$$

Για το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου που δημιουργεί στο (K), ολόκληρο το ημικύκλιο, ισχύει:

$$B_2 = \Sigma\Delta B_2 \Rightarrow B_2 = \frac{\mu_0}{4\pi}\cdot\frac{I_2}{\alpha^2}\cdot\Sigma\Delta l \Rightarrow B_3 = \frac{\mu_0}{4\pi}\cdot\frac{I_2}{\alpha^2}\cdot\pi\alpha \Rightarrow$$

$$B_3 = \frac{\mu_0 I_2}{4\alpha} \xRightarrow{I_2=\frac{I}{\pi}} B_2 = \frac{\mu_0 I}{4\pi\alpha} \quad (3)$$

Για το μέτρο της έντασης του συνολικού μαγνητικού πεδίου στο κέντρο (K) του ημικυκλικού αγωγού έχουμε:

$$B = \sqrt{B_1^2 + B_2^2} \overset{(1),(3)}{=} \sqrt{2B_1^2} = B_1\sqrt{2} \Rightarrow \boxed{B = \frac{\mu_0 I\sqrt{2}}{4\pi\alpha}}$$

Β3. Σωστή απάντηση είναι η (α)

<u>Δικαιολόγηση</u>

Για να βρούμε το κέντρο (K) της κυκλικής τροχιάς του σωματιδίου Σ_1, σχεδιάζουμε τη μαγνητική δύναμη $Lorentz$ στο σημείο εισόδου (A) και στο σημείο εξόδου (Γ). Το σημείο τομής (K) των φορέων των δυνάμεων που σχεδιάσαμε είναι το κέντρο (K) της κυκλικής τροχιάς.

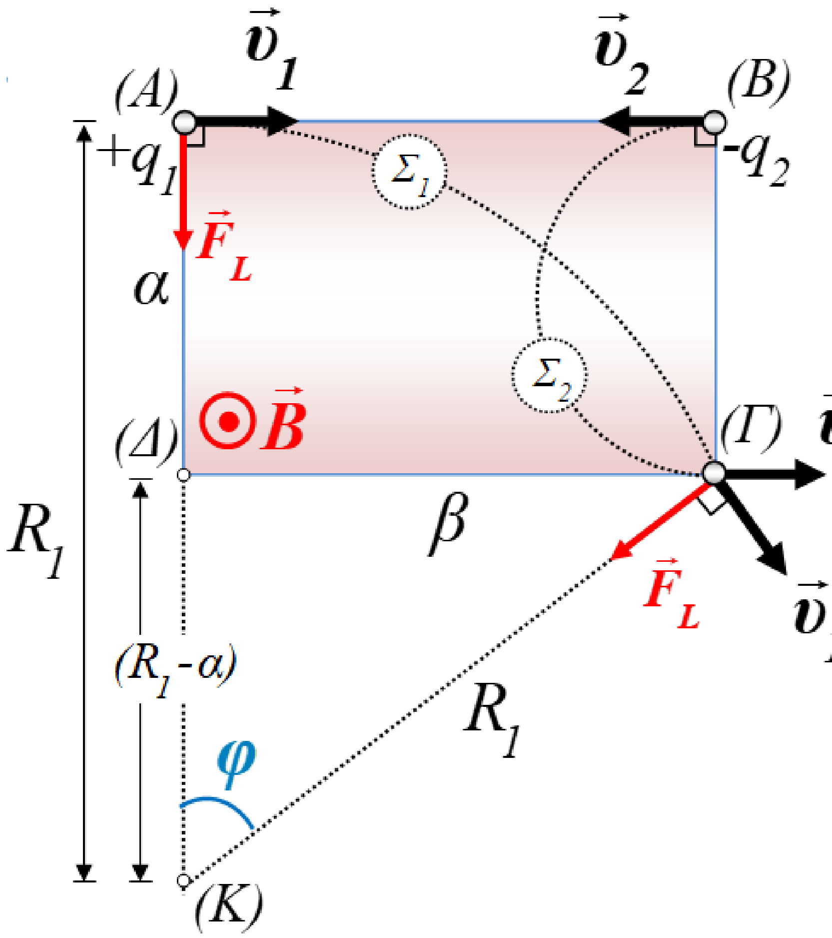
Εφαρμόζουμε το πυθαγόρειο θεώρημα στο τρίγωνο $K\Delta\Gamma$. Ισχύει:

$(K\Gamma)^2 = (K\Delta)^2 + (\Delta\Gamma)^2 \Longrightarrow R_1^2 = (R_1 - a)^2 + \beta^2 \Longrightarrow$

$R_1^2 = R_1^2 + \alpha^2 - 2R_1\alpha + 3\alpha^2 \Longrightarrow 2R_1\alpha = 4\alpha^2 \Longrightarrow R_1 = 2\alpha$ (1)

Για την ακτίνα R_2 της κυκλικής τροχιάς του σωματιδίου Σ_2 έχουμε:

$$R_2 = \frac{\alpha}{2} \quad (2)$$



Από τις σχέσεις (1) και (2) έχουμε:

$$\frac{R_1}{R_2}=\frac{2\alpha}{\frac{\alpha}{2}}=4\Longrightarrow\frac{\frac{m_1\upsilon_1}{B|q_1|}}{\frac{m_2\upsilon_2}{B|q_2|}}=4\Longrightarrow\frac{m_1\upsilon_1|q_2|}{m_2\upsilon_2|q_1|}=4\ (3)$$

Επειδή τα δύο σωματίδια Σ_1 και Σ_2 εξέρχονται από το πεδίο ταυτόχρονα για τους χρόνους παραμονής Δt_1 και Δt_2 αντίστοιχα ισχύει:

$\Delta t_1=\Delta t_2$

Όμως $\Delta t_1=\frac{\varphi}{360}\cdot T_1$ όπου για τη γωνία φ από το τρίγωνο $K\Delta\Gamma$ ισχύει $\eta\mu\varphi=\frac{\beta}{R_1}=\frac{\alpha\sqrt{3}}{2\alpha}=\frac{\sqrt{3}}{2}\Longrightarrow\varphi=60^o$

Έτσι $\Delta t_1=\frac{60^o}{360^o}\cdot T_1=\frac{2\pi m_1}{6B|q_1|}=\frac{\pi m_1}{3B|q_1|}$ (4)

$$\Delta t_2=\frac{T_2}{2}=\frac{2\pi m_2}{2B|q_2|}=\frac{\pi m_2}{B|q_2|}\ (5)$$

Πρέπει $\Delta t_1=\Delta t_2\Longrightarrow\frac{\pi m_1}{3B|q_1|}=\frac{\pi m_2}{B|q_2|}\Longrightarrow\frac{m_1}{3|q_1|}=\frac{m_2}{|q_2|}\Longrightarrow m_1|q_2|=3m_2|q_1|$ (6)

Από τις σχέσεις (3) και (6) έχουμε:

$$\frac{m_1\upsilon_1|q_2|}{m_2\upsilon_2|q_1|}=4\Longrightarrow\frac{3m_2|q_1|\upsilon_1}{m_2\upsilon_2|q_1|}=4\Longrightarrow\boxed{\frac{\upsilon_1}{\upsilon_2}=\frac{4}{3}}$$

<u>ΘΕΜΑ Γ</u>

Γ1. Η εξίσωση του στιγμιότυπου την χρονική στιγμή t_1 είναι $y=A\eta\mu\,2\pi(\frac{t_1}{T}+\frac{x}{\lambda})$. Σε αντιστοιχία με την $y=0{,}02\ \eta\mu\ \pi\left(4-\frac{x}{10}\right)$έχουμε: $\frac{2\pi t_1}{T}=4\pi\Rightarrow\boxed{T=1\ s}$ $\frac{2\pi x}{\lambda}=\frac{\pi x}{10}\Rightarrow\boxed{\lambda=20\ cm}$.

Η ταχύτητα διάδοσης του κύματος ισούται με υ_δ= λT⇒ $\boxed{\upsilon_\delta=\ 20\ {}^{cm}/_{s}}$

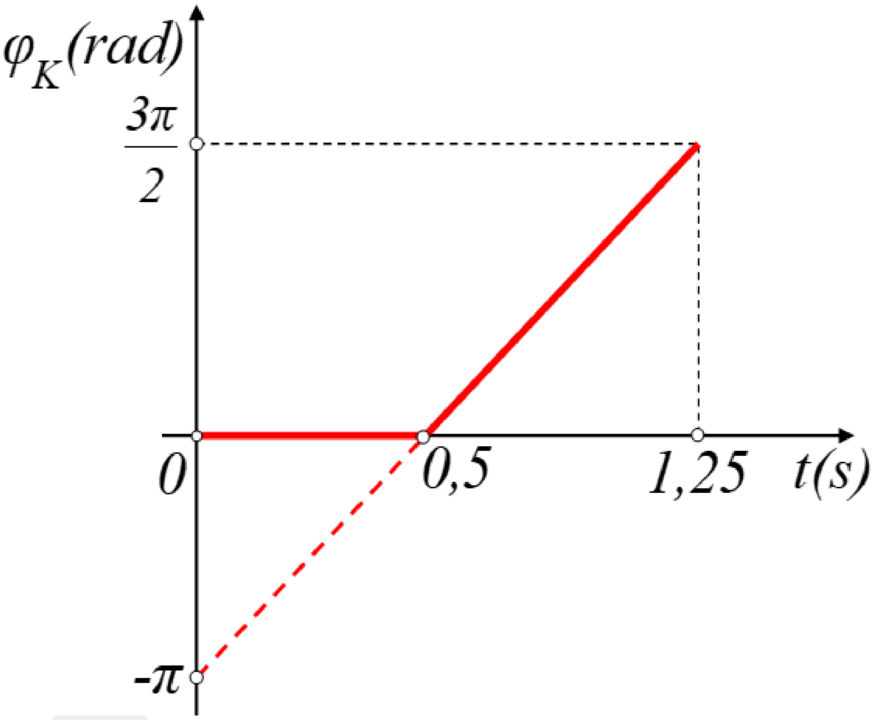
Γ2. Η φάση του σημείου Κ την χρονική στιγμή t_1 ισούται με :$\varphi_K=3\pi\Rightarrow\pi\left(4-\frac{x_K}{10}\right)=3\pi\Rightarrow x_K=10\ cm.$

Το σημείο Κ ξεκινά την ταλάντωσή του την χρονική στιγμή $t_K=\frac{x_K}{\upsilon_\delta}\Rightarrow$

$$t_K=0{,}5\ s.$$

Η χρονική στιγμή που το σημείο Κ διέρχεται από την αρνητική ακραία του θέση για πρώτη φορά είναι $t=t_K+\frac{3T}{4}\Rightarrow t=1{,}25\ s.$

Η γραφική παράσταση της φάσης $\varphi_K = 2\pi\left(t - \frac{x_K}{10}\right) \Rightarrow \varphi_K = 2\pi(t-1)$ του σημείου Κ σε συνάρτηση με το χρόνο είναι: Για $t = 0$ $\varphi_K = -2\pi\ rad,$ $t = 0{,}5\ s$ $\varphi_K = 0, t = 1{,}25\ s$ $\varphi_K = 2{,}5\ \pi\ rad.$



Γ3. Ο χρόνος που ξεκινά τη ταλάντωσή του το σημείο Λ είναι $t_\Lambda = t_K + 0{,}25\ s \Rightarrow t_\Lambda = 0{,}75\ s \Rightarrow \frac{x_\Lambda}{\upsilon_\delta} = 0{,}75 \Rightarrow x_\Lambda = 15\ cm$

Η διαφορά φάσης των σημείων Κ και Λ ισούται με $\Delta\varphi = \varphi_K - \varphi_\Lambda \Rightarrow$

$$\Delta\varphi = 2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x_K}{\lambda}\right) - 2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x_\Lambda}{\lambda}\right) \Rightarrow \Delta\varphi = \frac{2\pi\Delta x}{\lambda} \Rightarrow \boxed{\Delta\varphi = \frac{\pi}{2}\ rad}.$$

Γ4. Από το προηγούμενο ερώτημα έχουμε : $\Delta\varphi = \varphi_K - \varphi_\Lambda \Rightarrow$

$\varphi_K - \varphi_\Lambda = \frac{\pi}{2}\ rad \Rightarrow \varphi_\Lambda = \varphi_K - \frac{\pi}{2}\ (1)$

Ισχύει $\upsilon_\Lambda = \omega\ A\ \sigma\upsilon\nu\ (\varphi_\Lambda) \overset{(1)}{\Rightarrow} \upsilon_\Lambda = \frac{2\pi}{T} A\ \sigma\upsilon\nu\left(\varphi_K - \frac{\pi}{2}\right) \Rightarrow$

$$\upsilon_\Lambda = \frac{2\pi}{T} A\ \sigma\upsilon\nu\left(\frac{\pi}{2} - \varphi_K\right) \Rightarrow$$

$\upsilon_\Lambda = \frac{2\pi}{T} A\ \eta\mu(\varphi_K) \Rightarrow 0{,}02\pi = 0{,}04\pi\ \eta\mu(\varphi_K) \Rightarrow \eta\mu(\varphi_K) = \frac{1}{2}$

Η απομάκρυνση του σημείου Κ ισούται με :$y = A\ \eta\mu(\varphi_K) \Rightarrow y = \frac{A}{2} \Rightarrow$

$$\boxed{y = 0{,}01\ m}$$

ΘΕΜΑ Δ

Δ1. Από τη χρονική στιγμή $t = 0$ και μετά ο αγωγός αρχίζει να επιταχύνεται προς τα δεξιά λόγω της δύναμης $\vec{F}$. Έτσι στα άκρα του αγωγού $ΚΛ$ αναπτύσσεται τάση από επαγωγή με μέτρο:

$E_{επ.} = Bυl \ (\mathbf{1})$

και πολικότητας που φαίνεται στο σχήμα.

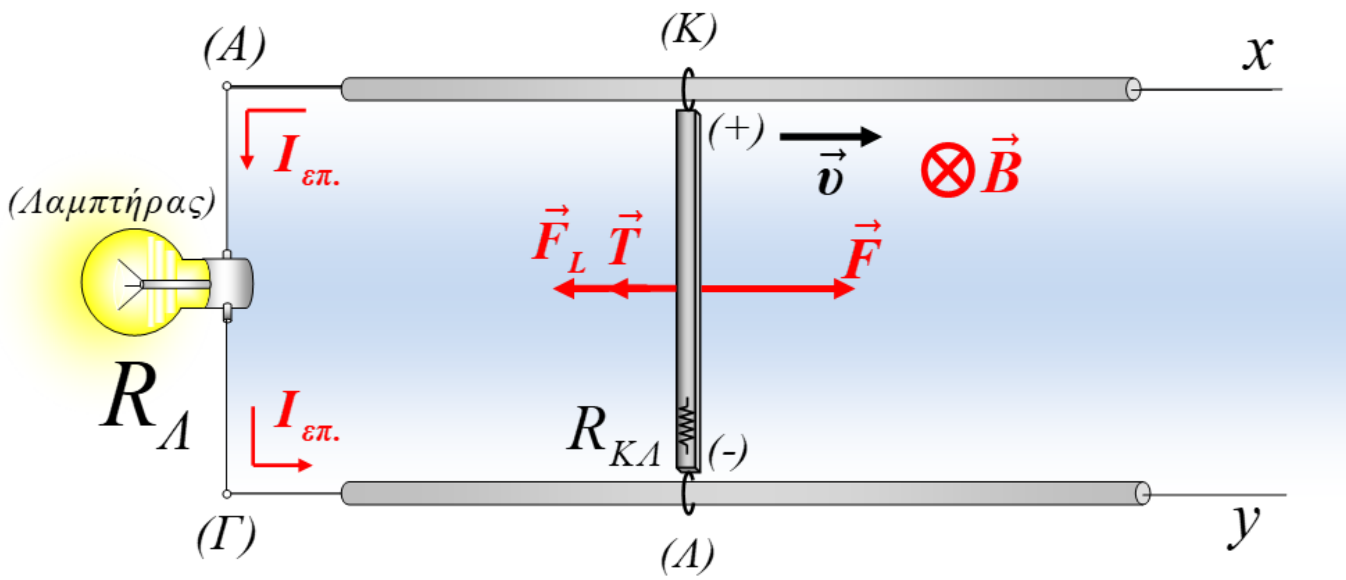
Το κλειστό κύκλωμα $ΚΑΓΛΚ$ διαρρέεται από επαγωγικό ρεύμα έντασης:

$$I_{επ.} = \frac{E_{επ.}}{R_{ολ.}} \overset{(1)}{\Rightarrow} I_{επ.} = \frac{Bυl}{R_Λ + R_{ΚΛ}} \ (\mathbf{2})$$

και φοράς που φαίνεται στο σχήμα.

Ο αγωγός $ΚΛ$ διαρρέεται από επαγωγικό ρεύμα και βρίσκεται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης $\vec{B}$, οπότε ασκείται σε αυτό δύναμη $Laplace$ μέτρου:

$$F_L = BI_{επ.}l \overset{(2)}{\Rightarrow} F_L = \frac{B^2 l^2 υ}{R_Λ + R_{ΚΛ}} \ (\mathbf{3})$$



Τη χρονική στιγμή t_1 που ο ρυθμός μεταβολής της ταχύτητας του αγωγού γίνεται μηδέν, ο αγωγός αποκτά οριακή (σταθερή) ταχύτητα αφού εκείνη τη στιγμή ισχύει $ΣF = 0$.

Για την ταχύτητα του αγωγού εκείνη τη χρονική t_1 έχουμε:

$$K = \frac{1}{2} m υ_{ορ.}^2 \Rightarrow υ_{ορ.} = \sqrt{\frac{2K}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 14{,}4}{0{,}2}} \Rightarrow υ_{ορ.} = 12 \frac{m}{s}$$

Η τάση από επαγωγή που αναπτύσσεται στα άκρα του αγωγού $ΚΛ$ τη χρονική t_1 είναι

$$E_{επ.} = Bυ_{ορ.}l = 1 \cdot 12 \cdot 1 \Rightarrow \boxed{E_{επ.} = 12V}$$

Δ2. Τη χρονική στιγμή t_1 η δύναμη $Laplace$ που δέχεται ο αγωγός έχει μέτρο

$$(3) \Longrightarrow F_L = \frac{B^2 l^2 \upsilon_{o\rho.}}{R_\Lambda + R_{K\Lambda}} = \frac{1^2 \cdot 1^2 \cdot 12}{3+1} \Longrightarrow F_L = 3N$$

Επειδή το μέτρο της δύναμης $\vec{F}$ είναι $F = 5N > F_L$ θα πρέπει να του ασκείται δύναμη ομόρροπη της δύναμης $Laplace$ αφού εκείνη τη στιγμή πρέπει $\Sigma F = 0$. Η δύναμη αυτή είναι η τριβή.

Για το μέτρο της ισχύει:

$$\Sigma F = 0 \Longrightarrow F - T - F_L = 0 \Longrightarrow T = F - F_L = 5 - 3 \Longrightarrow \boxed{T = 2N}$$

Δ3. Αφού ο λαμπτήρας λειτουργεί κανονικά από τη χρονική στιγμή t_1 και μετά, το ρεύμα που τον διαρρέει θα είναι το ρεύμα κανονικής λειτουργίας.

$$(2) \Longrightarrow I_K = I_{\varepsilon\pi.} = \frac{B \upsilon_{o\rho.} l}{R_\Lambda + R_{K\Lambda}} = \frac{12}{3+1} \Longrightarrow I_K = 3\text{A}$$

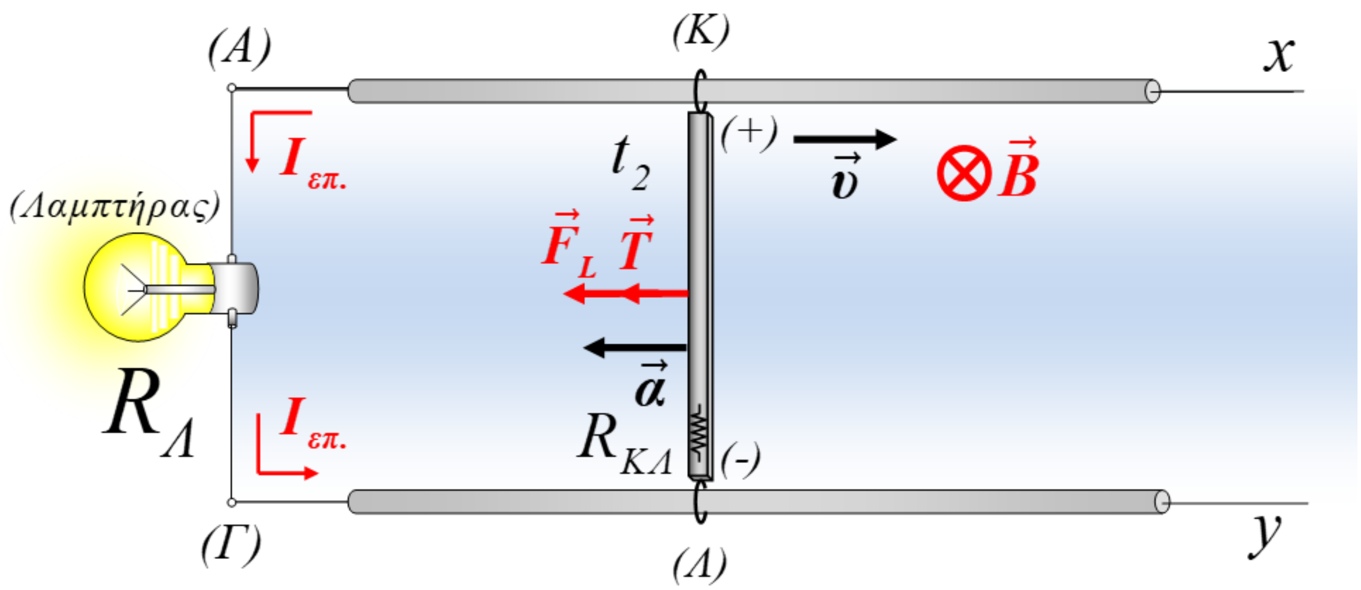
Για την τάση κανονικής λειτουργίας του λαμπτήρα έχουμε

$$V_K = I_K R_\Lambda = 3 \cdot 3 \Longrightarrow \boxed{V_K = 9V}$$

Για την ισχύ κανονικής λειτουργίας του λαμπτήρα έχουμε

$$P_K = V_K I_K = 9 \cdot 3 \Longrightarrow \boxed{P_K = 27W}$$

Δ4.



Τη χρονική στιγμή t_3 η ταχύτητα του αγωγού έχει μέτρο ίσο με το 50% του μέτρου που είχε τη χρονική στιγμή t_2 άρα $\upsilon = 50\% \cdot \upsilon_{o\rho.} = \frac{1}{2} \cdot 12 \Longrightarrow \upsilon = 6\frac{m}{s}$. Επειδή ο αγωγός συνεχίζει να κινείται αλλά επιβραδυνόμενος, στα άκρα του υπάρχει πάλι τάση από επαγωγή, το κύκλωμα διαρρέεται από ρεύμα και του ασκείται και δύναμη $Laplace$.

Ο ρυθμός μεταβολής της κινητικής ενέργειας του αγωγού τη χρονική στιγμή t_3 είναι:

$$\frac{\Delta K}{\Delta t} = \Sigma F \cdot \upsilon = (-F_L - T) \cdot \upsilon - T) \cdot \upsilon = (-\frac{1^2 \cdot 1^2 \cdot 6}{3+1} - 2) \cdot 6 \Longrightarrow$$

$$\boxed{\frac{\Delta K}{\Delta t} = 21 {}^{J}/_{s}}$$

Δ5. Ο ρυθμός με τον οποίο παράγεται θερμότητα λόγω φαινόμενου $Joule$ στις αντιστάσεις τη χρονική στιγμή t_3 είναι:

$\frac{\Delta Q_{R_{o\lambda.}}}{\Delta t} = P_{R_{o\lambda.}} = I^2_{\varepsilon\pi.} \cdot R_{o\lambda.} = I^2_{\varepsilon\pi.} \cdot (R_\Lambda + R_{K\Lambda})$

Όμως $I_{\varepsilon\pi.} = \frac{B\upsilon l}{R_\Lambda + R_{K\Lambda}} = \frac{1 \cdot 6 \cdot 1}{3+1} = 1{,}5A$ άρα

$\frac{\Delta Q_{R_{o\lambda.}}}{\Delta t} = I^2_{\varepsilon\pi.} \cdot (R_\Lambda + R_{K\Lambda}) = 1,5^2 \cdot (3+1) \Longrightarrow \boxed{\frac{\Delta Q_{R_{o\lambda.}}}{\Delta t} = 9 {}^{J}/_{s}}$

Ο ρυθμός με τον οποίο παράγεται θερμότητα λόγω της τριβής του αγωγού με τις δύο οριζόντιες παράλληλες μεταλλικές αγώγιμες ράβδους

$\frac{\Delta Q_T}{\Delta t} = T \cdot \upsilon = 2 \cdot 6 \Longrightarrow \boxed{\frac{\Delta Q_T}{\Delta t} = 12 {}^{J}/_{s}}$

Προφανώς ισχύει

$$\boxed{\frac{\Delta K}{\Delta t} = \frac{\Delta Q_{R_{o\lambda.}}}{\Delta t} + \frac{\Delta Q_T}{\Delta t}}$$

Από το Φυσικό Τμήμα των φροντιστηρίων Πουκαμισάς Ηρακλείου συνεργάστηκαν:
Γ. Μαραγκάκης , Κ. Παρασύρης,
Γ. Πρασιανάκης , Α. Δουλγεράκης