

ΦΥΣΙΚΗ Γ' ΛΥΚΕΙΟΥ

ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ

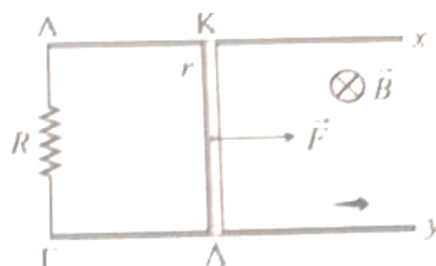
Κίνηση ράβδου σε Ο.Μ.Π.

ΤΑΝΟΣ ΗΛΙΑΣ

Φυσικός ΠΕ04.01, M.Sc., M.Ed.

ΑΣΚΗΣΗ 1 (Κίνηση ράβδου με U =σταθ.)

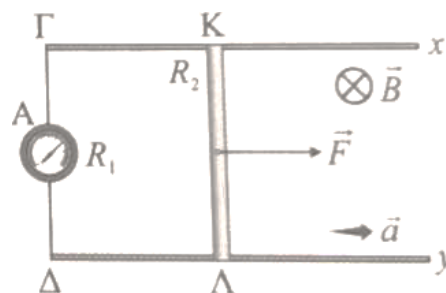
Στο κύκλωμα του σχήματος οι αγωγοί Αχ και Γγ έχουν αμελητέα αντίσταση ενώ ο αγωγός ΑΓ έχει $R=3\Omega$. Ο αγωγός ΚΛ έχει μήκος $l=2\text{m}$, αντίσταση $r=2\Omega$ και κινείται με σταθερή ταχύτητα μέτρου $U=5\text{ m/s}$, υπό την επίδραση δύναμης F η οποία είναι κάθετη στον αγωγό. Κάθετα στο επίπεδο της κίνησης υπάρχει ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης $B=1\text{ T}$.



- Βρείτε το μέτρο της επαγωγικής ΗΕΔ που αναπτύσσεται στο κύκλωμα. Σε ποιο τμήμα του κυκλώματος εμφανίζεται;
- Βρείτε την ένταση του επαγωγικού ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα,
- Σχεδιάστε τις δυνάμεις που ασκούνται στον αγωγό ΚΛ και υπολογίστε τα μέτρα τους.
- Βρείτε τη θερμότητα που αναπτύσσεται στο κύκλωμα σε χρόνο $\Delta t=2\text{ s}$ και να τη συγκρίνετε με το έργο της δύναμης F στον ίδιο χρόνο.

ΑΣΚΗΣΗ 2 (Κίνηση ράβδου με U =σταθ.)

Ευθύγραμμος αγωγός ΚΛ έχει μήκος $l=0,5\text{ m}$, αντίσταση $R_2=8\Omega$ και μπορεί να ολισθαίνει χωρίς τριβές πάνω σε δύο οριζόντιες ράγες αμελητέας αντίστασης, οι άκρες των οποίων έχουν συνδεθεί με αμπερόμετρο εσωτερικής αντίστασης $R_1=2\Omega$. Το σύστημα βρίσκεται μέσα σε κατακόρυφο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης μέτρου $B=2\text{ T}$.

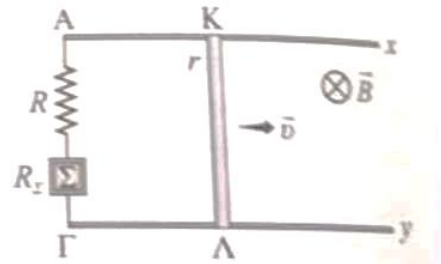


Ο αγωγός ΚΛ κινείται με την επίδραση εξωτερικής δύναμης F με σταθερή ταχύτητα μέτρου $u=5\text{ m/s}$. Να υπολογιστούν:

- Η ένδειξη του αμπερομέτρου.
- Η διαφορά δυναμικού μεταξύ των άκρων Κ και Λ.
- Το μέτρο της εξωτερικής δύναμης F .
- Ο ρυθμός της προσφερόμενης ενέργειας στον αγωγό ΚΛ καθώς και ο ρυθμός παραγωγής θερμότητας στους αντιστάτες.

ΑΣΚΗΣΗ 3 (Κίνηση ράβδου με κανονική λειτουργία συσκευής)

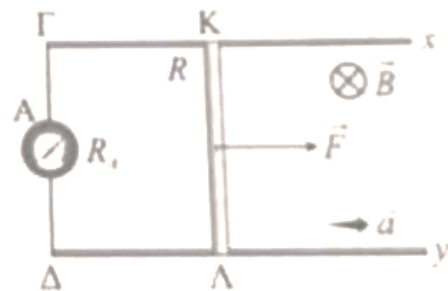
Στο κύκλωμα του σχήματος οι αγωγοί Αx και Γy έχουν αμελητέα αντίσταση ενώ μεταξύ των άκρων Α και Γ συνδέονται σε σειρά μια αντίσταση $R=50\Omega$ και μια συσκευή Σ με στοιχεία λειτουργίας (50V, 50W). Ο αγωγός ΚΛ έχει μήκος $l=1\text{m}$ και αντίσταση $r=10\Omega$. Κάθετα στο επίπεδο της κίνησης υπάρχει ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης $B=5\text{ T}$.



- Α. Με ποια ταχύτητα πρέπει να κινείται ο αγωγός ώστε η Σ να λειτουργεί κανονικά;
Β. Ποια η τάση στα άκρα του αγωγού ΚΛ
Γ. Ποια δύναμη πρέπει να ασκείται στον αγωγό
Δ. Να κάνετε το διάγραμμα $\Phi=f(t)$ αν την $t=0$ ο αγωγός ΚΛ βρίσκεται πολύ κοντά στα άκρα Α και Γ.

ΑΣΚΗΣΗ 4 (Κίνηση ράβδου με $a=\text{σταθ.}$)

Ένας μεταλλικός αγωγός ΚΛ έχει αντίσταση $R=0,3\Omega$, μήκος $l=0,5\text{ m}$, μάζα $m=0,2\text{ kg}$ και μπορεί να κινείται χωρίς τριβές έχοντας τα άκρα του σε επαφή με δύο οριζόντιες μεταλλικές ράγες. Οι ράγες έχουν αμελητέα αντίσταση και τα άκρα τους συνδέονται με αμπερόμετρο που έχει εσωτερική αντίσταση $R_A=0,1\Omega$. Το σύστημα βρίσκεται μέσα σε κατακόρυφο μαγνητικό πεδίο έντασης μέτρου $B=0,4\text{ T}$. Αρχικά ο αγωγός ΚΛ είναι ακίνητος. Με την επίδραση εξωτερικής δύναμης F κάθετης στον αγωγό ΚΛ, αυτός αρχίζει να κινείται με σταθερή επιτάχυνση μέτρου a και τη χρονική στιγμή $t_1=2\text{ s}$ η ένταση του ρεύματος στο κύκλωμα έχει τιμή $I_1=2\text{ A}$. Βρείτε:



- α. Την επιτάχυνση του αγωγού ΚΛ.
β. Τη δύναμη F σαν συνάρτηση του χρόνου.
γ. Τη μεταβολή της μαγνητικής ροής μέχρι τη χρονική στιγμή t_1 .
δ. Το φορτίο που πέρασε από το αμπερόμετρο μέχρι τη χρονική στιγμή t_1 .

ΑΣΚΗΣΗ 5 (Κίνηση ράβδου με $a=\text{σταθ.}\&\text{ ρυθμοί}$)

Δύο παράλληλοι οριζόντιοι αγωγοί Αx και Γy με αμελητέα αντίσταση, απέχουν μεταξύ τους απόσταση $l=1\text{ m}$ και τα άκρα τους Α και Γ συνδέονται με αγωγό αντίστασης $R=5\Omega$. Ένας άλλος αγωγός ΚΛ, με μάζα $m=0,5\text{ kg}$ και αμελητέα αντίσταση, μπορεί να ολισθαίνει χωρίς τριβές μένοντας κάθετος και σε επαφή με τους παράλληλους αγωγούς Αx και Γy. Το σύστημα των τεσσάρων αγωγών βρίσκεται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο που είναι κάθετο στο επίπεδο τους και έχει ένταση μέτρου $B=0,5\text{ T}$. Ο αγωγός ΚΛ είναι αρχικά ακίνητος. Τη χρονική στιγμή $t=0$ ασκείται στον αγωγό ΚΛ δύναμη F , ίδιας διεύθυνσης με αυτή των παράλληλων αγωγών, η οποία τον αναγκάζει να κινηθεί με σταθερή επιτάχυνση μέτρου $a=2\text{ m/s}^2$. Βρείτε:

α. Την τάση στα άκρα του αγωγού σαν συνάρτηση του χρόνου και κάντε τη γραφική παράσταση.

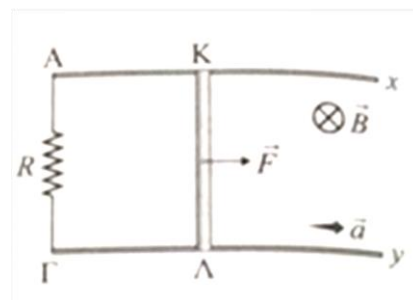
β. Τη δύναμη που ασκείται στον αγωγό ΚΛ σε συνάρτηση με τον χρόνο,

γ. Αν το έργο που παράγει η δύναμη F , από τη χρονική στιγμή $t = 0$ μέχρι τη χρονική στιγμή $t = 6 \text{ s}$, είναι $50,4 \text{ J}$, Βρείτε:

i. Τη θερμότητα που παράγεται στον αντιστάτη αντίστασης R στον ίδιο χρόνο.

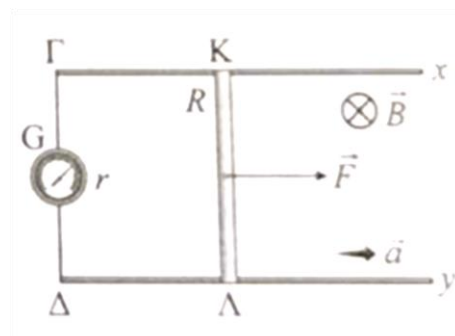
ii. Τον ρυθμό με τον οποίον αυξάνεται η κινητική ενέργεια του αγωγού τη χρονική στιγμή $t = 6 \text{ s}$.

iii. Τον ρυθμό παραγωγής θερμότητας στον αντιστάτη αντίστασης R τη $t = 6 \text{ s}$.



ΑΣΚΗΣΗ 6 (Κίνηση ράβδου με $a=\text{σταθ.}$ & ισχύς)

Τα άκρα Γ και Δ δύο παράλληλων οριζώντιων αγωγών $\Gamma\chi$ και $\Delta\psi$, οι οποίοι δεν έχουν ωμική αντίσταση, συνδέονται με ένα αμπερόμετρο εσωτερικής αντίστασης $r = 2 \Omega$. Πάνω στο επίπεδο των δύο αγωγών είναι τοποθετημένος, κάθετα προς τη διεύθυνση τους, άλλος ευθύγραμμος αγωγός ΚΛ, μήκους $l = 0,5 \text{ m}$, ο οποίος μπορεί να ολισθαίνει χωρίς τριβές. Η μάζα του αγωγού ΚΛ είναι $m=5\text{Kg}$, έχει αντίσταση $R=8\Omega$ και το μαγνητικό πεδίο έχει $B=2\text{T}$. Την $t=0$ ο αγωγός ΚΛ έχει $U_0 = 12\text{m/s}$ και αρχίζει να δέχεται την επίδραση εξωτερικής σταθερής δύναμης F που είναι ομόρροπη με την ταχύτητα και έτσι ο αγωγός αποκτά σταθερή επιτάχυνση μέτρου $a=2\text{m/s}^2$.



α. Να εξηγήσετε γιατί στο κύκλωμα εμφανίζεται ΗΕΔ από επαγωγή και να την εκφράσετε σε συνάρτηση με τον χρόνο. Σε ποιο τμήμα του κυκλώματος εμφανίζεται η επαγωγική ΗΕΔ;

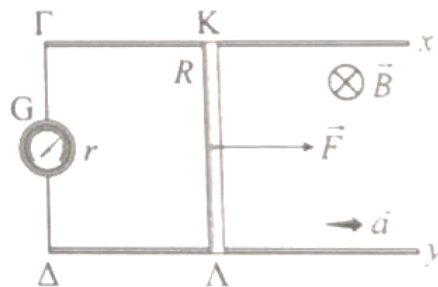
β. Να σημειώσετε τη φορά του ρεύματος που διαρρέει το αμπερόμετρο καθώς και την πολικότητα της επαγωγικής ΗΕΔ, με δεδομένο ότι αυτή εμφανίζεται στον κινούμενο αγωγό ΚΛ.

γ. Να βρείτε το φορτίο που περνά από το αμπερόμετρο στα πρώτα 5 s της κίνησης του αγωγού,

δ. Τη χρονική στιγμή $t = 5 \text{ s}$ να υπολογίσετε: i) την ισχύ της δύναμης F ii) τη θερμική ισχύ στο κύκλωμα. iii) τον ρυθμό μεταβολής της κινητικής ενέργειας του αγωγού ΚΛ.

ΑΣΚΗΣΗ 7 (Κίνηση ράβδου με a =σταθ.)

Οι αγωγοί Γx και Δy του σχήματος είναι οριζόντιοι, παράλληλοι μεταξύ τους και έχουν αμελητέα αντίσταση. Τα άκρα τους Γ και Δ συνδέονται μέσω γαλβανόμετρου αντίστασης $r = 2 \Omega$. Η μεταλλική ράβδος $ΚΛ$, με μάζα $m = 1 \text{ kg}$, μήκος $l = 1 \text{ m}$ και αντίσταση $R = 18 \Omega$, κινείται χωρίς τριβές έτσι ώστε να είναι κάθετη στους παράλληλους αγωγούς, με τα άκρα της συνέχεια σε επαφή με αυτούς. Η ράβδος $ΚΛ$ κινείται με ταχύτητα μέτρου $U_0 = 10 \text{ m/s}$, παράλληλη στους αγωγούς Γx και Δy .



Τη χρονική στιγμή $t = 0$ μια εξωτερική δύναμη, παράλληλη

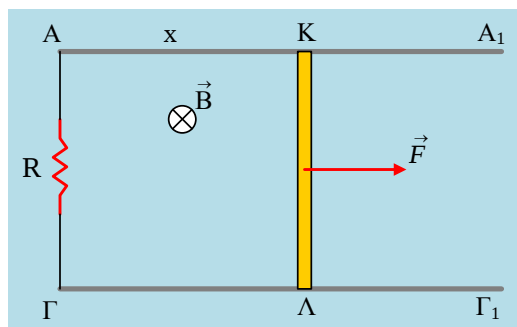
στην ταχύτητα της ράβδου, επιταχύνει τη ράβδο με επιτάχυνση μέτρου $a = 2 \text{ m/s}^2$, κατά τη φορά της ταχύτητας. Η διάταξη βρίσκεται μέσα σε κατακόρυφο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης μέτρου $B = 10^{-4} \text{ T}$.

Βρείτε:

- Την ένταση του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα σαν συνάρτηση του χρόνου,
- Το ηλεκτρικό φορτίο που μετακινείται στο γαλβανόμετρο στο τρίτο δευτερόλεπτο της κίνησης της ράβδου.
- Την τάση στα άκρα K και Λ της ράβδου σαν συνάρτηση του χρόνου και κάντε την αντίστοιχη γραφική παράσταση,
- Τον ρυθμό μεταβολής της ορμής της ράβδου $ΚΛ$.

ΑΣΚΗΣΗ 8 (Κίνηση ράβδου με επίδραση σταθερής δύναμης F)

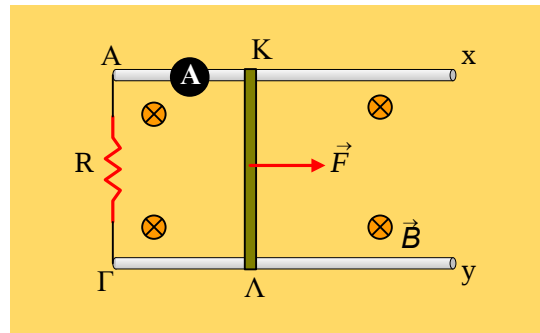
Ο αγωγός $ΚΛ$ μήκους $l = 1 \text{ m}$, μάζας $0,4 \text{ kg}$ και με αντίσταση $r = 1 \Omega$, μπορεί να κινείται οριζόντια, μέσα σε ένα ομογενές κατακόρυφο μαγνητικό πεδίο έντασης $B = 1 \text{ T}$, σε επαφή με δυο παράλληλους αγωγούς AA_1 και $\Gamma\Gamma_1$, οι οποίοι δεν παρουσιάζουν αντίσταση και απέχουν $d = 1 \text{ m}$. Μεταξύ των άκρων A και Γ συνδέεται αντιστάτης με αντίσταση $R = 3 \Omega$. Σε μια στιγμή ασκούμε στον αγωγό $ΚΛ$ μια σταθερή οριζόντια δύναμη μέτρου $F = 0,7 \text{ N}$ με αποτέλεσμα ο αγωγός να κινείται προς τα δεξιά.



- Να βρείτε τη ροή που διέρχεται από το ορθογώνιο πλαίσιο $ΑΚΛΓ$ σε συνάρτηση με την απόσταση $ΑΚ = x$ και να εξηγήσετε γιατί ο αγωγός $ΚΛ$ διαρρέεται από ρεύμα.
- Να βρείτε τη φορά της έντασης του ρεύματος που διαρρέει τον αντιστάτη R .
- Για τη στιγμή t_1 που ο αγωγός έχει στιγμιαία ταχύτητα $u_1 = 2 \text{ m/s}$, να υπολογιστούν:
 - Η ΗΕΔ από επαγωγή που εμφανίζεται στο πλαίσιο.
 - Η τάση $V_{ΚΛ}$.
 - Η επιτάχυνση του αγωγού $ΚΛ$.
- Ο ρυθμός με τον οποίο μεταφέρεται ενέργεια στον αγωγό $ΚΛ$, μέσω της δύναμης F και ο ρυθμός με τον οποίο η ενέργεια αυτή μετατρέπεται σε ηλεκτρική. Είναι ή όχι ίσοι οι δυο παραπάνω ρυθμοί; Να εξηγήσετε τις ενεργειακές μετατροπές που εμφανίζονται τη στιγμή αυτή στο πλαίσιο.

ΑΣΚΗΣΗ 9 (Κίνηση ράβδου με επίδραση σταθερής δύναμης F και ύπαρξη τριβής)

Ο αγωγός ΚΛ έχει μήκος 1m και κινείται οριζόντια όπως στο σχήμα, σε επαφή με τους δύο παράλληλους αγωγούς-οδηγούς Αx και Γy, οι οποίοι δεν παρουσιάζουν αντίσταση, ενώ τα άκρα τους συνδέονται μέσω αντιστάτη με αντίσταση $R=3\Omega$. Στο χώρο υπάρχει ένα ομογενές κατακόρυφο μαγνητικό πεδίο έντασης $B=1T$ και υπό την επίδραση της σταθερής δύναμης $F=2N$, ο αγωγός έχει σταθερή ταχύτητα $u=4m/s$.

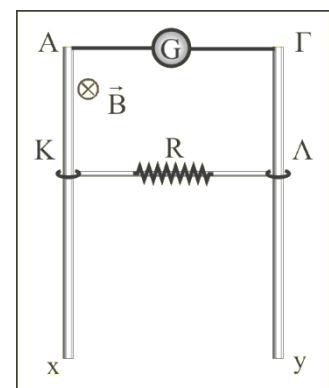


- Να υπολογιστεί η ΗΕΔ από επαγωγή που αναπτύσσεται στο κύκλωμα, καθώς και η αντίσταση του αγωγού ΚΛ, αν το αμπερόμετρο δείχνει ένδειξη $I=1A$.
- Να αποδειχθεί ότι αναπτύσσεται δύναμη τριβής μεταξύ του αγωγού ΚΛ και των δύο οδηγών Αx και Αy και να υπολογιστεί το μέτρο της.
- Σε μια στιγμή $t_0=0$, σταματά να ασκείται η δύναμη F , με αποτέλεσμα μετά από λίγο, τη στιγμή t_1 , το αμπερόμετρο να δείχνει ένδειξη $I_1=0,75A$. Για τη στιγμή t_1 να υπολογιστούν:
 - Ο ρυθμός με τον οποίο παράγεται θερμότητα στους αντιστάτες, καθώς και ο ρυθμός με τον οποίο παράγεται θερμότητα στις επαφές, λόγω τριβών.
 - Ο ρυθμός μεταβολής της κινητικής ενέργειας της ράβδου ΚΛ.

ΑΣΚΗΣΗ 10 (Κατακόρυφη κίνηση ράβδου με επίδραση της βαρύτητας)

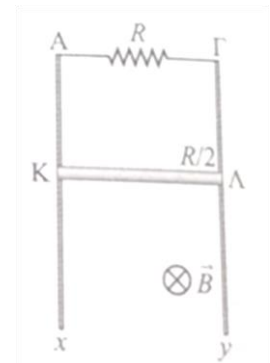
Η ράβδος ΚΛ μήκους $\ell = 1m$, μάζας $m = 2kg$ και ωμικής αντίστασης $R = 2\Omega$ μπορεί να κινείται χωρίς τριβές, σε επαφή με τους λείους κατακόρυφους αγωγούς Αx και Γy παραμένοντας συνεχώς κάθετη σε αυτούς. Τα άκρα Α και Γ των αγωγών συνδέονται μέσω ενός βαλλιστικού γαλβανόμετρου. Το γαλβανόμετρο και οι αγωγοί Αx και Γy δεν παρουσιάζουν ωμική αντίσταση ενώ το μόνο τμήμα του συστήματος που μπορεί να κινείται είναι η ράβδος. Στο χώρο του συστήματος υπάρχει ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης $B = 2T$, με οριζόντιες δυναμικές γραμμές και φορά όπως στο σχήμα. Τη χρονική στιγμή $t_0 = 0$ η ράβδος αφήνεται ελεύθερη να κινηθεί, ενώ τη χρονική στιγμή t_{op} η ταχύτητα της σταθεροποιείται. Μέχρι τη χρονική στιγμή t_{op} έχει περάσει από το γαλβανόμετρο φορτίο $q = 40C$.

- Ποια η σταθερή ταχύτητα που αποκτά η ράβδος;
- Ποια η απώλεια μηχανικής ενέργειας του συστήματος μέχρι τη χρονική στιγμή t_{op} ;
- Ποια η χρονική στιγμή t_{op} ;
- Αν από την αρχή του φαινομένου μέχρι τη χρονική στιγμή $t_1 = 1,6s$ έχει περάσει από το γαλβανόμετρο φορτίο $q_1 = 8C$ να βρείτε:
 - Τις απώλειες μηχανικής ενέργειας του συστήματος μέχρι τη χρονική στιγμή t_1 .
 - Τους ρυθμούς μεταβολής της δυναμικής ενέργειας και της κινητικής ενέργειας της ράβδου καθώς και το ρυθμό απωλειών λόγω φαινομένου Joule στο σύστημα τη χρονική στιγμή t_1 .



ΑΣΚΗΣΗ 11 (Κατακόρυφη κίνηση ράβδου με την επίδραση της βαρύτητας)

Μια μεταλλική ράβδος ΚΛ, μάζας m , μήκους l και αντίστασης $R/2$, μπορεί να ολισθαίνει χωρίς τριβές πάνω σε δύο κατακόρυφους μεταλλικούς αγωγούς αμελητέας αντίστασης, των οποίων τα άκρα Α και Γ συνδέονται με σύρμα αντίστασης $R/2$. Κάθετα στο επίπεδο των αγωγών υπάρχει ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης B , όπως δείχνει το διπλανό σχήμα. Η ράβδος αφήνεται ελεύθερη να πέσει κατακόρυφα, χωρίς να χάνει την επαφή της με τους μεταλλικούς αγωγούς



- Α. Να υπολογίσετε την ΗΕΔ στο κύκλωμα συναρτήσει της ταχύτητας
- Β. Να σχεδιάσετε την F_L καθώς και την φορά του $I_{επ}$ καθώς η ράβδος πέφτει.
- Γ. Να εξηγήσετε γιατί κάποια στιγμή και μετά κινείται με σταθερή ταχύτητα
- Δ. Να υπολογίσετε την τελική (μέγιστη) ταχύτητα της ράβδου

Να εκφράσετε τις απαντήσεις σας σαν συνάρτηση των γνωστών μεγεθών : B, m, l, R και g .

ΑΣΚΗΣΗ 12 (Κατακόρυφη κίνηση ράβδου με επίδραση της βαρύτητας και ύπαρξη διακόπτη)

Οι κατακόρυφοι αγωγοί Αχ και Γγ του σχήματος έχουν πολύ μεγάλο μήκος, ασήμαντη αντίσταση και τα άκρα τους Α και Γ συνδέονται μέσω ανοικτού διακόπτη δ με σύρμα αντίστασης $R = 40\Omega$. Επάνω στο επίπεδο των δύο αγωγών είναι τοποθετημένος κάθετα προς τη διεύθυνση τους άλλος ευθύγραμμος αγωγός ΚΛ μήκους $\ell = 0,5m$, ο οποίος μπορεί να ολισθαίνει σε συνεχή επαφή με αυτούς χωρίς τριβές.

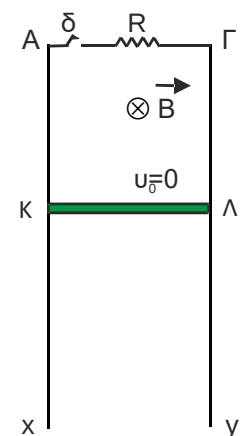
Η μάζα του αγωγού ΚΛ είναι $m = 0,01kg$ και η αντίσταση του ασήμαντη. Το σύστημα των τριών αγωγών βρίσκεται μέσα σε οριζόντιο ομογενές μαγνητικό πεδίο, του οποίου η μαγνητική επαγωγή (ένταση) $B = 1T$ είναι κάθετη στο επίπεδο των αγωγών. Την χρονική στιγμή $t_0 = 0$ αφήνουμε τον αγωγό ΚΛ να κινηθεί και τη στιγμή t_1 που έχει μετατοπιστεί κατά $\Delta y = 5m$ κλείνουμε απότομα τον διακόπτη. Να θεωρήσετε γνωστή τη σχέση, που δίνει την Η.Ε.Δ. από επαγωγή στα άκρα του αγωγού $E_{επ} = B \cdot v \cdot \ell$, όπου v το μέτρο της ταχύτητάς του και ότι το μέτρο της επιτάχυνσης βαρύτητας είναι $g = 10m/s^2$.

α. Κάποιος ισχυρίζεται ότι από τη στιγμή $t_0 = 0$ έως τη στιγμή t_1 δεν εμφανίζεται Η.Ε.Δ. από επαγωγή στα άκρα του αγωγού ΚΛ. Να εξηγήσετε αν συμφωνείτε ή διαφωνείτε με τον ισχυρισμό αυτό.

β. Να υπολογίσετε την απόλυτη τιμή της έντασης του ρεύματος τη στιγμή t_1 και να δικαιολογήσετε τη φορά του στο κύκλωμα.

γ. Κάποιος ισχυρίζεται ότι αφού από τη στιγμή t_1 και μετά θα εμφανιστεί στον αγωγό δύναμη Laplace με κατεύθυνση προς τα πάνω, ο αγωγός θα αρχίσει να επιβραδύνεται. Να εξηγήσετε αν συμφωνείτε ή διαφωνείτε με τον ισχυρισμό αυτό.

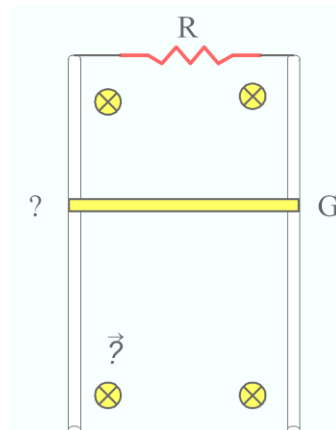
δ. Κάποια στιγμή t_2 ο αγωγός ΚΛ αποκτά σταθερή (οριακή ταχύτητα). Να εξηγήσετε γιατί θα συμβεί αυτό και να περιγράψετε τις ενεργειακές μετατροπές που λαμβάνουν χώρα κατά την κίνηση του αγωγού από τη στιγμή $t_0 = 0$ και μετά.



- ε. Να κάνετε ποιοτικό διάγραμμα: i. της απόλυτης τιμής της Η.Ε.Δ. από επαγωγή στα άκρα του αγωγού και
ii. της απόλυτης τιμής της έντασης του ρεύματος στο κύκλωμα

ΑΣΚΗΣΗ 13 (Κατακόρυφη κίνηση ράβδου & ενεργειακές μεταβολές)

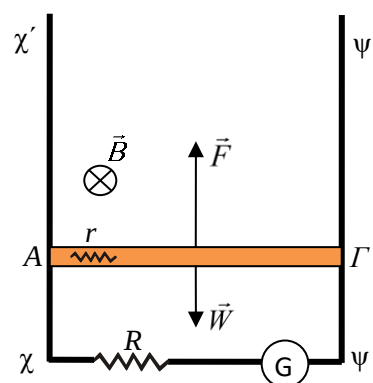
Ο αγωγός ΑΓ του σχήματος έχει μάζα $0,1\text{kg}$, μήκος $\ell=1\text{m}$ και αντίσταση $r=1\Omega$. Σε μια στιγμή ο αγωγός αφήνεται να κινηθεί σε επαφή με δύο κατακόρυφους στύλους, μέσα σε ένα οριζόντιο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης $B=0,5\text{T}$, όπως στο σχήμα. Τα πάνω άκρα των δύο στύλων συνδέονται μέσω αντίστασης R . Μετά από λίγο, τη στιγμή t_1 , ο αγωγός ΑΓ έχει αποκτήσει ταχύτητα $u=2\text{m/s}$, ενώ ο αντιστάτης διαρρέεται από ρεύμα έντασης $i=0,5\text{A}$. Για τη στιγμή αυτή να βρεθούν:



- Ο ρυθμός μεταβολής της μαγνητικής ροής που διέρχεται από την επιφάνεια του ορθογώνιου που σχηματίζεται, καθώς και η ηλεκτρεγερτική δύναμη που αναπτύσσεται στο κύκλωμα. Θεωρείστε την κάθετη στην επιφάνεια να έχει φορά προς τα μέσα, ίδια με την ένταση του μαγνητικού πεδίου.
 - Η φορά της έντασης του ρεύματος που διαρρέει τον αγωγό ΑΓ.
 - Η επιτάχυνση του αγωγού ΑΓ και ο ρυθμός μεταβολής της κινητικής του ενέργειας.
 - Η ισχύς της ΗΕΔ από επαγωγή. Τι ποσοστό της παραπάνω ισχύος απορροφά ο αντιστάτης R ;
 - Τι ενεργειακές μεταβολές εμφανίζονται στο κύκλωμα την παραπάνω στιγμή;
- Οι κατακόρυφοι στύλοι δεν εμφανίζουν αντίσταση, ενώ $g=10\text{m/s}^2$.

ΑΣΚΗΣΗ 14 (Κατακόρυφη κίνηση ράβδου με επίδραση F και ρυθμοί μεταβολής)

Στο κύκλωμα του σχήματος η ράβδος ΑΓ με μήκος $l = 1\text{m}$, μάζα $m = 0,4\text{kg}$ και αντίσταση $r = 1\Omega$, μπορεί να κινείται χωρίς τριβές σε επαφή με τους δυο κατακόρυφους (χωρίς αντίσταση) αγωγούς $\chi\chi'$ και $\psi\psi'$. Στο χώρο υπάρχει οριζόντιο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης μέτρου $B = 2\text{T}$, με φορά όπως στο σχήμα. Η αντίσταση του αγωγού $\chi\psi$ είναι $R = 4\Omega$, ενώ $g = 10\text{m/s}^2$. Τη χρονική στιγμή $t = 0$, ασκούμε στη ράβδο εξωτερική δύναμη μέτρου $F > W$, κάθετα στη ράβδο, με κατακόρυφη διεύθυνση και φορά προς τα πάνω. Η διαφορά δυναμικού V_{AG} αυξάνεται διαρκώς και κάποια στιγμή σταθεροποιείται στην τιμή $V_{AG} = 8\text{V}$.



- Να μελετήσετε ποιοτικά την κίνηση της ράβδου.
- Να υπολογίσετε την οριακή ταχύτητα που θα αποκτήσει η ράβδος.
- Να υπολογίσετε το μέτρο της δύναμης F .
- Να βρείτε τη συνάρτηση επιτάχυνσης - ταχύτητας, κατά τη διάρκεια κίνησης της ράβδου, και να σχεδιάσετε τη γραφική της παράσταση σε βαθμολογημένους άξονες, μέχρι να αποκτήσει οριακή ταχύτητα ο αγωγός.

ε) Αν το βαλλιστικό γαλβανόμετρο G δείξει τη διέλευση ηλεκτρικού φορτίου $q_{\text{επ}} = 5\text{C}$, μέχρι τη στιγμή που ο αγωγός αποκτά οριακή ταχύτητα, να βρείτε πόσο διάστημα θα έχει διανύσει ο αγωγός εκείνη τη στιγμή

στ) Κάποια στιγμή που η ταχύτητα του αγωγού έχει μέτρο $u = 4\text{m/s}$ υπολογίστε:

στ₁) το ρυθμό παραγωγής έργου της δύναμης F.

στ₂) το ρυθμό μεταβολής της βαρυτικής δυναμικής ενέργειας.

στ₃) το ρυθμό παραγωγής θερμικής ενέργειας λόγω φαινομένου Joule.

στ₄) το ρυθμό παραγωγής έργου της δύναμης Laplace.

στ₅) το ρυθμό μεταβολής της κινητικής ενέργειας του αγωγού.

ΑΣΚΗΣΗ 15 (Κατακόρυφη κίνηση ράβδου και απόκτηση Uoρ)

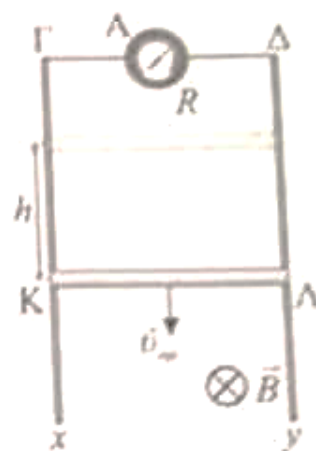
Δύο κατακόρυφα μεταλλικά σύρματα έχουν αμελητέα αντίσταση και τα πάνω άκρα τους συνδέονται μέσω αμπερομέτρου αντίστασης $R = 2\Omega$. Ευθύγραμμος αγωγός ΚΛ μάζας 500 g, μήκους $l = 1\text{m}$ και αμελητέας αντίστασης, μπορεί να κινηθεί χωρίς τριβές με τα άκρα του σε επαφή με τα κατακόρυφα σύρματα. Η διάταξη βρίσκεται μέσα σε οριζόντιο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης μέτρου $B = 1\text{T}$. Κάποια χρονική στιγμή ο αγωγός ΚΛ αφήνεται ελεύθερος. Μετά από διαδρομή $h = 8\text{m}$ ο αγωγός ΚΛ αποκτά οριακή ταχύτητα. Να βρείτε:

Α. Την οριακή ταχύτητα που θα αποκτήσει ο αγωγός ΚΛ.

Β. Τη θερμότητα που θα παραχθεί στην αντίσταση R .

Γ. Το φορτίο που θα διέλθει από το αμπερόμετρο μέχρις ότου ο αγωγός ΚΛ αποκτήσει οριακή ταχύτητα.

Δ. Τη μέγιστη ένδειξη του αμπερομέτρου.



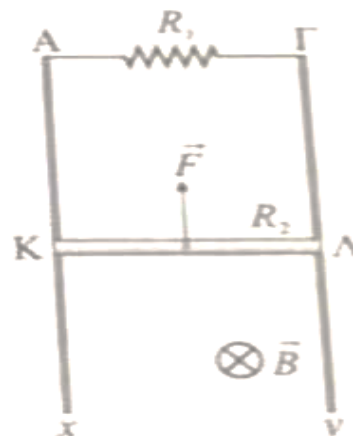
ΑΣΚΗΣΗ 16 (Μελέτη κίνησης ράβδου σε κατακόρυφο επίπεδο)

Οι κατακόρυφοι μεταλλικοί αγωγοί Αx και Γy έχουν μεγάλο μήκος, αμελητέα αντίσταση και απέχουν μεταξύ τους σταθερή απόσταση $l = 1\text{m}$. Τα άκρα τους Α και Γ συνδέονται με αγωγό αντίστασης $R_1 = 0,8\Omega$. Ο αγωγός ΚΛ έχει μήκος $l = 1\text{m}$, μάζα $m = 0,8\text{kg}$, αντίσταση $R_2 = 0,2\Omega$ και έχει τα άκρα του σε συνεχή επαφή με τους αγωγούς Αx και Γy. Υπό την επίδραση σταθερής εξωτερικής δύναμης F , ο αγωγός ΚΛ κινείται προς τα πάνω, χωρίς τριβές, με σταθερή ταχύτητα μέτρου $u = 4\text{m/s}$. Η όλη διάταξη βρίσκεται μέσα σε οριζόντιο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης μέτρου $B = 1\text{T}$. Βρείτε:

α. Την ένταση του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα.

β. Το μέτρο της δύναμης F.

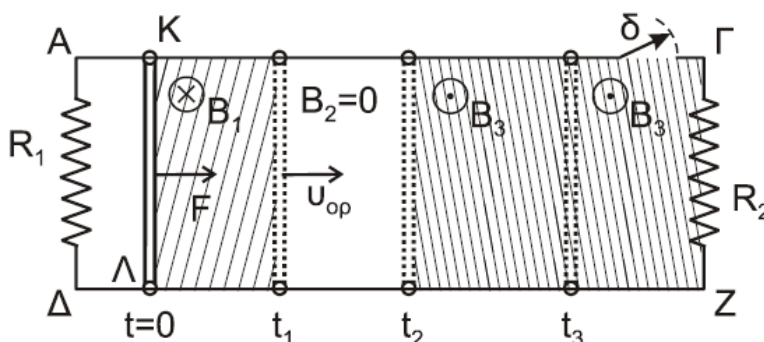
Κάποια χρονική στιγμή η εξωτερική δύναμη καταργείται. Να εξηγήσετε γιατί κάποια στιγμή θα αλλάξει η φορά της κίνησης και να βρείτε:



- γ. τον ρυθμό μεταβολής της δυναμικής ενέργειας του αγωγού την στιγμή που $F_L = mg/4$
- δ. την τελική σταθερή ταχύτητα που αποκτά ο αγωγός κατά την κάθοδο του

ΑΣΚΗΣΗ 17 (ΘΕΜΑ ΕΞΕΤΑΣΕΩΝ 2020)

Δύο παράλληλοι οριζόντιοι αγωγοί ΑΓ και ΔΖ μεγάλου μήκους και μηδενικής αντίστασης απέχουν μεταξύ τους απόσταση $L=1\text{m}$. Τα άκρα Α και Δ συνδέονται με αγωγό αντίστασης $R_1 = 2\Omega$ και τα άκρα Γ και Ζ με αγωγό αντίστασης $R_2 = 2\Omega$. Ο αγωγός ΑΓ έχει λίγο πριν το τέλος του ανοιχτό διακόπτη δ, όπως φαίνεται στο σχήμα. Ένας άλλος αγωγός ΚΛ, με μήκος $ΚΛ = 1\text{m}$ έχει αντίσταση $R_{ΚΛ} = 3\Omega$ και μπορεί να ολισθαίνει χωρίς τριβές, μένοντας κάθετος και σε επαφή στα σημεία Κ και Λ με τους οριζόντιους αγωγούς ΑΓ και ΔΖ. Ο αγωγός ΚΛ



αρχικά είναι ακίνητος. Κάποια χρονική στιγμή, την οποία θεωρούμε ως $t=0$, ασκούμε στο μέσο του αγωγού ΚΛ σταθερή δύναμη μέτρου $F=0,8\text{N}$, η οποία είναι κάθετη στον αγωγό και η διεύθυνσή της ανήκει στο επίπεδο που ορίζουν οι αγωγοί ΑΓ και ΔΖ. Ο αγωγός ΚΛ αρχίζει να κινείται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης $B_1=1\text{T}$, που είναι κάθετο στο επίπεδο των αγωγών ΑΓ και ΔΖ, με φορά από τον αναγνώστη προς τη σελίδα. Τη χρονική στιγμή t_1 ο αγωγός ΚΛ, έχοντας αποκτήσει σταθερή οριακή ταχύτητα u_{op} , εξέρχεται από την περιοχή όπου η ένταση του μαγνητικού πεδίου είναι B_1 και εισέρχεται σε περιοχή, όπου η ένταση του μαγνητικού πεδίου είναι $B_2=0$, όπως φαίνεται στο σχήμα.

A) Να περιγράψετε το είδος της κίνησης που εκτελεί ο αγωγός ΚΛ από τη χρονική στιγμή $t=0$ έως τη χρονική στιγμή t_1 και να υπολογίσετε τη σταθερή οριακή ταχύτητα u_{op} .

Τη χρονική στιγμή t_1 καταργούμε τη δύναμη F και τη χρονική στιγμή t_2 ο αγωγός ΚΛ εισέρχεται σε περιοχή όπου υπάρχει ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης B_3 , ίδιου μέτρου και αντίθετης κατεύθυνσης με την ένταση B_1 .

B) Να υπολογίσετε το μέτρο και να προσδιορίσετε τη φορά της εξωτερικής δύναμης F' , που πρέπει να ασκήσουμε στο μέσον του αγωγού ΚΛ, κάθετα σε αυτόν και της οποίας η διεύθυνση ανήκει στο επίπεδο των αγωγών, ώστε ο αγωγός να συνεχίσει να κινείται με σταθερή ταχύτητα μέτρου u_{op} .

Γ) Να υπολογίσετε τη θερμότητα Q , που εκλύεται στους αγωγούς του κυκλώματος από τη χρονική στιγμή t_2 μέχρι μια άλλη χρονική στιγμή t_3 , αν το επαγωγικό φορτίο που πέρασε από μία διατομή του αγωγού ΚΛ στο αντίστοιχο χρονικό διάστημα (t_2-t_3) είναι $q_{επ}=0,2\text{ C}$.

Τη χρονική στιγμή t_3 κλείνουμε το διακόπτη δ και ο αγωγός ΚΛ, με την επίδραση της εξωτερικής δύναμης F' , συνεχίζει την κίνησή του στην περιοχή όπου υπάρχει το ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης B_3 και τελικά

αποκτά νέα οριακή ταχύτητα.

Δ) Να υπολογίσετε τη νέα οριακή ταχύτητα u'_{op} , που αποκτά ο αγωγός, καθώς και την τάση V_{KL} στα άκρα του αγωγού ΚΛ και τις εντάσεις των ρευμάτων στους αντιστάτες R_1 και R_2 τότε.

ΑΣΚΗΣΗ 18 (ΘΕΜΑ ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΩΝ ΕΞΕΤΑΣΕΩΝ 2020)

Οι κατακόρυφοι, μεγάλου μήκους, μεταλλικοί αγωγοί Αχ και Γγ απέχουν μεταξύ τους σταθερή απόσταση $\ell=1\text{m}$ και έχουν αμελητέα ωμική αντίσταση. Τα άκρα Α και Γ συνδέονται με αντιστάτη ωμικής αντίστασης $R_1=2\Omega$. Στο τμήμα ΑΓ υπάρχει διακόπτης Δ, ο οποίος είναι κλειστός.

Ο αγωγός ΚΛ μήκους $\ell=1\text{m}$, μάζας $m=0,2\text{kg}$ και ωμικής αντίστασης $R_2=6\Omega$ έχει τα άκρα του ΚΛ πάνω στους κατακόρυφους αγωγούς Αχ και Γγ και είναι κάθετος σε αυτούς (Σχήμα).

Όλη η διάταξη βρίσκεται σε περιοχή που επικρατεί οριζόντιο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης $\vec{B}$, μέτρου $B=2\text{T}$, του οποίου οι δυναμικές γραμμές είναι κάθετες στο επίπεδο του σχήματος με φορά από τον αναγνώστη προς τη σελίδα.

Ο αγωγός ΚΛ μπορεί να ολισθαίνει κατά μήκος των αγωγών Αχ και Γγ χωρίς τριβές, παραμένοντας συνεχώς οριζόντιος, χωρίς τα άκρα του Κ και Λ να χάνουν την επαφή με τους αγωγούς Αχ και Γγ. Αρχικά ο αγωγός είναι ακίνητος.

Τη χρονική στιγμή $t_0=0$ εκτοξεύουμε τον αγωγό ΚΛ κατακόρυφα προς τα κάτω με αρχική ταχύτητα μέτρου $U_0=12\text{m/s}$.

Α) Να βρείτε το μέτρο της επιτάχυνσης a του αγωγού αμέσως μετά την εκτόξευσή του και την κατεύθυνσή της.

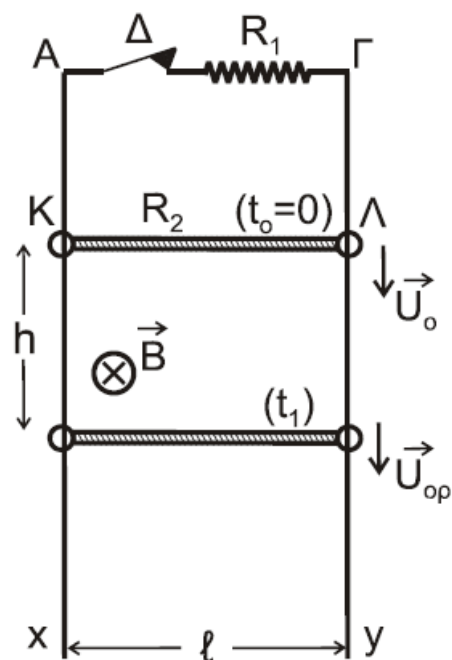
Β) Τη χρονική στιγμή t_1 , που ο αγωγός ΚΛ έχει μετατοπιστεί κατά h από την αρχική του θέση, έχει αποκτήσει οριακή ταχύτητα (U_{op}). Να υπολογίσετε το μέτρο της οριακής ταχύτητας.

Γ) Αν το φορτίο που πέρασε από μία διατομή του αγωγού ΚΛ από τη χρονική στιγμή $t_0=0$ έως τη χρονική στιγμή t_1 είναι ίσο με $0,4\text{C}$, να υπολογίσετε τη θερμότητα που παράχθηκε σε καθέναν από τους αντιστάτες R_1 και R_2 στο παραπάνω χρονικό διάστημα.

Δ) Κάποια χρονική στιγμή t_2 ($t_2 > t_1$), που ο αγωγός ΚΛ κινείται με την οριακή του ταχύτητα, ανοίγουμε το διακόπτη Δ. Τη χρονική στιγμή $t_3 = t_2 + \Delta t$ ο αγωγός έχει μετατοπιστεί κατά $h_1=0,45\text{m}$ από τη θέση στην οποία

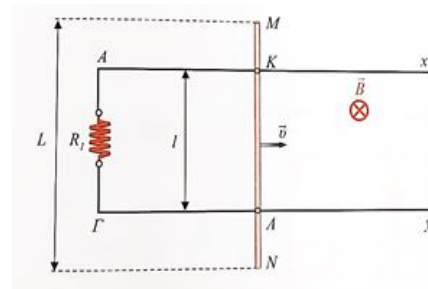
βρισκόταν τη χρονική στιγμή t_2 . Να υπολογίσετε το ρυθμό ($\frac{dK}{dt}$) με τον οποίο αυξάνεται η κινητική ενέργεια του αγωγού τη χρονική στιγμή t_3 .

Δίνεται η επιτάχυνση της βαρύτητας: $g=10\text{m/s}^2$. Η αντίσταση του αέρα θεωρείται αμελητέα.



ΑΣΚΗΣΗ 19 (Ράβδος μήκους μεγαλύτερου του πεδίου)

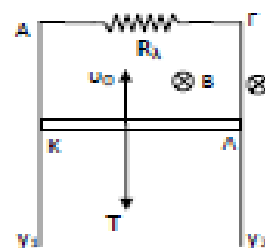
Ο αγωγός MN μήκους $L=1,2\text{m}$, αντίστασης $R=3\Omega$, κινείται με σταθερή ταχύτητα $U=10\text{m/s}$, μέσα σε ένα ομογενές κατακόρυφο μαγνητικό πεδίο έντασης $B=1\text{T}$, σε επαφή με δυο παράλληλους αγωγούς Ax και Γy, οι οποίοι δεν παρουσιάζουν αντίσταση και απέχουν $l=0,8\text{m}$. Μεταξύ των άκρων A και Γ συνδέεται αντιστάτης με αντίσταση $R_1=2\Omega$. Να υπολογίσετε:



- Α. την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει τον αντιστάτη R_1
- Β. την τάση στα σημεία επαφής ΚΛ του MN με τους οδηγούς Ax και Γy
- Γ. την δύναμη που πρέπει να ασκούμε στον αγωγό, ώστε να κινείται με σταθερή ταχύτητα
- Δ. την θερμότητα που αναπτύσσεται στον αγωγό MN σε χρονικό διάστημα $\Delta t=2\text{min}$

ΑΣΚΗΣΗ 20 (Μελέτη κίνησης ράβδου σε κατακόρυφο επίπεδο)

Δ2. Η οριζόντια μεταλλική ράβδος ΚΛ μήκους $L=0,5\text{ m}$, μάζας $m=0,6\text{kg}$, έχει ωμική αντίσταση $R_1=1\Omega$ και συγκρατείται ακίνητη πάνω στους κατακόρυφους, αγωγίσιμους – αμελητέας αντίστασης – οδηγούς ΑΓ₁ και Γ₂. Στο χώρο υπάρχει οριζόντιο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης $B=2\text{T}$, κάθετο στη ράβδο ΚΛ, όπως φαίνεται στο διπλανό σχήμα. Τα άκρα Α, Γ συνδέονται με λαμπτήρα αντίστασης R_L και χαρακτηριστικά κανονικής λειτουργίας $100\text{W}/20\text{V}$. Τη χρονική στιγμή $t=0$, εκτοξεύεται η ράβδος ΚΛ προς τα πάνω με αρχική ταχύτητα $u_0=10\text{m/s}$. Κατά τη διάρκεια όλης της κίνησής της η ράβδος δέχεται συνολική τριβή από τους δύο οδηγούς $T=1\text{N}$. Μετά από μετατόπιση $y=3\text{m}$, ο αγωγός σταματάει στιγμιαία.



Να υπολογίσετε:

- Α) τη θερμική ισχύ στο λαμπτήρα τη χρονική στιγμή $t=0$. (16W)
- Β) την επιτάχυνση της ράβδου τη χρονική στιγμή $t=0$. (-15m/s^2)
- Γ) τη συνολική θερμική ενέργεια που εκλύθηκε μέχρι τη στιγμή που η ράβδος θα σταματήσει στιγμιαία. (12J)
- Δ) τη σταθερή (οριακή) ταχύτητα u_{op} , που θα αποκτήσει τελικά ο αγωγός και να ελέγξετε αν η διάταξη είναι κατάλληλη για να δουλεύει ο λαμπτήρας κανονικά. (25m/s , ναι)
- Αν τη χρονική στιγμή που η ράβδος περνάει από την θέση που βρισκόταν τη χρονική στιγμή $t=0$, με ταχύτητα $u=u_{op}/5$, να υπολογίσετε για κείνη τη στιγμή:
- Ε) τη διαφορά δυναμικού στη ράβδο ΚΛ. (4V)
- ΣΤ) το ρυθμό μεταβολής της ορμής της ράβδου. (4N)
- Ζ) τη συνολική θερμική ενέργεια που εκλύθηκε στις αντιστάσεις. ($16,5\text{J}$)

Δίνεται η επιτάχυνση της βαρύτητας $g=10\text{ m/s}^2$.