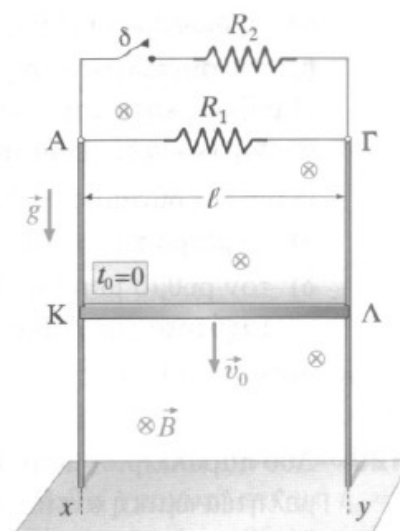


1

Δύο κατακόρυφοι μεταλλικοί αγωγοί Ax και Γy , μεγάλου μήκους, απέχουν μεταξύ τους απόσταση $\ell = 1\text{ m}$ και έχουν αμελητέα ωμική αντίσταση. Τα άκρα τους A και Γ είναι συνδεδεμένα με αντιστάτη ωμικής αντίστασης $R_1 = 3\ \Omega$, ο οποίος με τη σειρά του είναι συνδεδεμένος παράλληλα, μέσω διακόπτη δ , με αντιστάτη ωμικής αντίστασης R_2 . Η διάταξη βρίσκεται μέσα σε οριζόντιο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης μέτρου $B = 2\text{ T}$, το οποίο είναι κάθετο στο επίπεδο των αγωγών. Τη χρονική στιγμή $t_0 = 0$ εκτοξεύουμε κατακόρυφα προς τα κάτω τη μεταλλική ράβδο $ΚΛ$, μήκους $\ell = 1\text{ m}$, μάζας $m = 1\text{ kg}$ και ωμικής αντίστασης $R = 1\ \Omega$, με αρχική ταχύτητα μέτρου $v_0 = 40\text{ m/s}$. Η ράβδος $ΚΛ$ κινείται χωρίς τριβές με τα άκρα της πάνω στους αγωγούς Ax και Γy . Αν ο διακόπτης δ είναι ανοικτός, να υπολογίσετε:



α) τη διαφορά δυναμικού $V_K - V_\Lambda$ τη χρονική στιγμή t_0 ,

β) το μέτρο της οριακής ταχύτητας που θα αποκτήσει η ράβδος,

γ) τον ρυθμό μεταβολής της ορμής της ράβδου και τον ρυθμό μεταβολής της έντασης του ρεύματος στο κύκλωμα τη χρονική στιγμή που η ταχύτητα της ράβδου έχει μέτρο

$$v = \frac{8}{5} v_{op}.$$

Τη χρονική στιγμή t_1 , που η ράβδος έχει αποκτήσει την οριακή ταχύτητα \vec{v}_{op} , κλείνουμε τον διακόπτη δ .

δ) Αν η νέα οριακή ταχύτητα που θα αποκτήσει η ράβδος είναι μειωμένη κατά 25%, να υπολογίσετε:

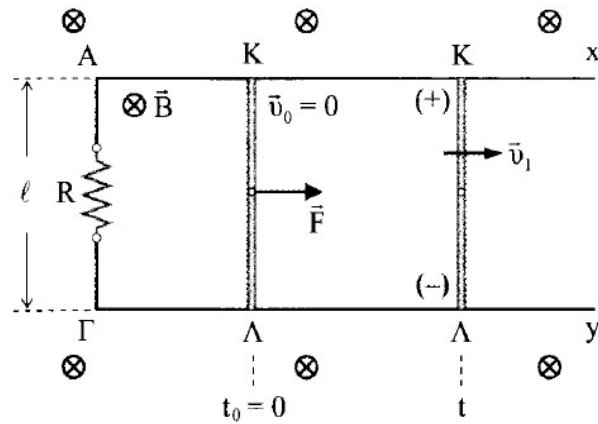
i) την ωμική αντίσταση R_2 ,

ii) τους ρυθμούς αύξησης της θερμικής ενέργειας σε κάθε αντιστάτη, λόγω φαινομένου Joule, όταν η ράβδος κινείται με τη νέα οριακή ταχύτητα.

Δίνεται: $g = 10\text{ m/s}^2$.

2

Δύο παράλληλες οριζόντιες σιδηροτροχιές Ax και Γy έχουν μεγάλο μήκος, αμελητέα αντίσταση και συνδέονται στα άκρα τους A και Γ με ευθύγραμμο σύρμα ωμικής αντίστασης $R = 1\ \Omega$. Ευθύγραμμος οριζόντιος αγωγός $ΚΛ$ μάζας $m = 0,5\text{ kg}$, μήκους $\ell = 0,5\text{ m}$ και ωμικής αντίστασης $R_1 = 4\ \Omega$, μπορεί να ολισθαίνει χωρίς τριβές, παραμένοντας κάθετος στις σιδηροτροχιές και έχοντας τα άκρα του σε επαφή με αυτές. Η όλη διάταξη βρίσκεται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης \vec{B} , μέτρου 2 T . Οι δυναμικές γραμμές του πεδίου είναι κατακόρυφες με φορά προς τα κάτω, όπως απεικονίζεται στο ακόλουθο σχήμα.



A. Τη χρονική στιγμή $t_0 = 0$ ασκούμε στον αρχικά ακίνητο αγωγό ΚΛ σταθερή δύναμη \vec{F} , παράλληλη στις σιδηροτροχιές, μέτρου 2 N. Τη χρονική στιγμή t_1 ο αγωγός ΚΛ αποκτά κινητική ενέργεια σταθερής τιμής.

α. Να υπολογίσετε την ηλεκτρεγερτική δύναμη που αναπτύσσεται στα άκρα του αγωγού ΚΛ τη χρονική στιγμή t_1 .

β. Ποιοι ενεργειακοί μετασχηματισμοί συμβαίνουν στη χρονική διάρκεια $\Delta t = t_1 - t_0$ και μέσω του έργου ποιων δυνάμεων συντελούνται αυτοί;

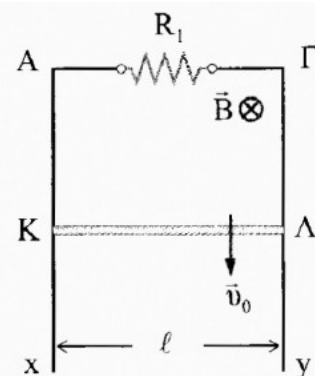
B. Τη χρονική στιγμή t_2 , με $t_2 > t_1$, καταργούμε τη δύναμη \vec{F} που ασκούμε στον αγωγό ΚΛ. Να υπολογίσετε:

α. Την τιμή του ρυθμού μεταβολής της ταχύτητας του αγωγού ΚΛ τη χρονική στιγμή t_3 κατά την οποία η κινητική ενέργεια του αγωγού έχει ελαττωθεί κατά 75% συγκριτικά με την κινητική ενέργεια που είχε ο αγωγός τη χρονική στιγμή t_1 .

β. Τη θερμότητα Joule που εκλύεται από το κύκλωμα προς το περιβάλλον κατά τη διάρκεια της επιβραδυνόμενης κίνησης του αγωγού ΚΛ.

3

Δύο κατακόρυφοι αγωγάιμοι ράβδοι Αx και Γy μεγάλου μήκους απέχουν μεταξύ τους σταθερή απόσταση $\ell = 0,5 \text{ m}$ και παρουσιάζουν ασήμαντη ωμική αντίσταση. Τα επάνω άκρα Α και Γ των δύο ράβδων είναι συνδεδεμένα με αντιστάτη ωμικής αντίστασης $R_1 = 1,5 \Omega$. Η διάταξη βρίσκεται εντός ομογενούς μαγνητικού πεδίου έντασης \vec{B} , μέτρου 2 T. Οι δυναμικές γραμμές του πεδίου είναι οριζόντιες, κάθετες στο επίπεδο που ορίζουν οι ράβδοι Αx και Γy, όπως απεικονίζεται στο παραπάνω σχήμα.

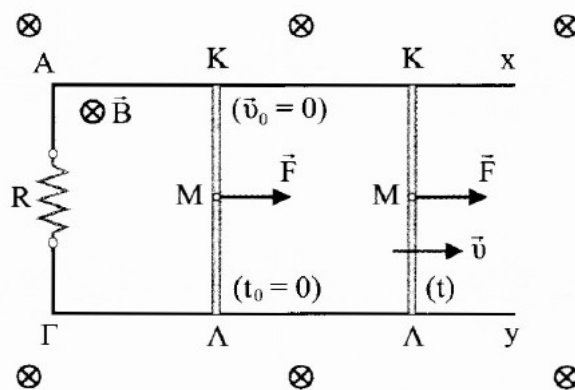


Τη χρονική στιγμή $t_0 = 0$ εκτοξεύουμε με ταχύτητα \bar{v}_0 , μέτρου 8 m/s , κατακόρυφα προς τα κάτω ευθύγραμμο αγωγό ΚΛ, μήκους $\ell = 0,5 \text{ m}$, ωμικής αντίστασης $R_2 = 0,5 \Omega$ και μάζας $m = 0,2 \text{ kg}$. Ο αγωγός ΚΛ μετατοπίζεται, χωρίς τριβές, έχοντας τα άκρα του συνεχώς σε επαφή με τις ράβδους Αx και Γy.

- α. Να υπολογίσετε τον ρυθμό μεταβολής του μέτρου της ταχύτητας του αγωγού ΚΛ τη χρονική στιγμή $t_0 = 0$.
- β. Να υπολογίσετε το μέτρο της σταθερής (οριακής) ταχύτητας που αποκτά τελικά ο αγωγός ΚΛ.
- γ. Εάν εκτοξεύαμε κατακόρυφα τον αγωγό ΚΛ με ταχύτητα $\bar{v}'_0 \neq \bar{v}_0$, αυτός θα αποκτούσε τελικά οριακή ταχύτητα διαφορετική από αυτήν που υπολογίσατε στο ερώτημα β;
- δ. Τη χρονική στιγμή κατά την οποία η θερμική ισχύς που καταναλώνεται στο κύκλωμα είναι $P = 18 \text{ W}$, να υπολογίσετε:
 - i. Τον ρυθμό μεταβολής του μέτρου της ορμής του αγωγού ΚΛ.
 - ii. Τον ρυθμό μεταβολής της κινητικής ενέργειας του αγωγού ΚΛ.

Δίνεται το μέτρο της επιτάχυνσης της βαρύτητας: $g = 10 \text{ m/s}^2$.

- 4 Στο κύκλωμα του ακόλουθου σχήματος ο οριζόντιος αγωγός ΚΛ έχει μάζα $m = 1,25 \text{ kg}$, μήκος $\ell = 1 \text{ m}$ και παρουσιάζει ασήμαντη ωμική αντίσταση.



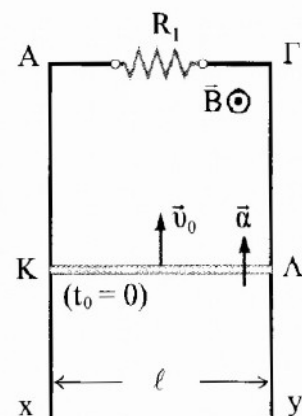
Ο αγωγός μπορεί να ολισθαίνει έχοντας τα άκρα του διαρκώς σε επαφή με δύο λεία οριζόντια σύρματα Αx και Γy αμελητέας ωμικής αντίστασης, τα οποία απέχουν μεταξύ τους σταθερή απόσταση $\ell = 1 \text{ m}$. Τα άκρα Α και Γ των δύο συρμάτων συνδέονται με ωμικό αντιστάτη αντίστασης $R = 2 \Omega$. Το σύστημα σύρματα – αγωγός βρίσκεται εντός μεγάλης έκτασης ομογενούς μαγνητικού πεδίου έντασης \vec{B} , μέτρου $0,5 \text{ T}$, του οποίου οι δυναμικές γραμμές είναι κατακόρυφες με φορά προς τα κάτω. Τη χρονική στιγμή $t_0 = 0$ ασκούμε στο μέσον Μ του αγωγού ΚΛ

κατάλληλη εξωτερική δύναμη \vec{F} , ίδιας διεύθυνσης με αυτήν των συρμάτων, με άμεση συνέπεια ο αρχικά ακίνητος αγωγός ΚΛ να ξεκινήσει να κινείται με ταχύτητα \bar{v} της οποίας το μέτρο μεταβάλλεται με τον χρόνο t σύμφωνα με τη σχέση $v = 4t$ (S.I.).

- α. Να γράψετε την εξίσωση του μέτρου της έντασης I του επαγωγικού ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει τον αγωγό ΚΛ σε συνάρτηση με τον χρόνο t . Στη συνέχεια, να σχεδιάσετε τη γραφική παράσταση $I = f(t)$ σε ορθογώνιο σύστημα βαθμονομημένων αξόνων για το χρονικό διάστημα $0 \leq t \leq 10$ s.
- β. Να υπολογίσετε τον ρυθμό μεταβολής της έντασης του επαγωγικού ηλεκτρικού ρεύματος.
- γ. Να γράψετε τις χρονικές εξισώσεις των μέτρων των δυνάμεων \vec{F} και Laplace που δέχεται ο αγωγός ΚΛ και έπειτα να σχεδιάσετε τις γραφικές παραστάσεις $F = f(t)$ και $F_L = f(t)$ σε κοινό ορθογώνιο σύστημα βαθμονομημένων αξόνων για το χρονικό διάστημα $0 \leq t \leq 10$ s.
- δ. Πόσο ηλεκτρικό φορτίο διέρχεται από μία εγκάρσια διατομή του αγωγού ΚΛ στη διάρκεια του δέυτερολέπτου της κίνησης του;

- 5 Δύο κατακόρυφοι αγωγίμοι ράβδοι Αx και Γy μεγάλου μήκους απέχουν μεταξύ τους σταθερή απόσταση $\ell = 1$ m και εμφανίζουν ασήμαντη ωμική αντίσταση. Τα επάνω άκρα Α και Γ των δύο ράβδων είναι συνδεδεμένα με αντιστάτη ωμικής αντίστασης $R_1 = 0,5 \Omega$. Η διάταξη βρίσκεται εντός ομογενούς μαγνητικού πεδίου έντασης \vec{B} , μέτρου 2 T. Οι δυναμικές γραμμές του πεδίου είναι οριζόντιες και κάθετες στο επίπεδο που ορίζουν οι ράβδοι Αx και Γy, όπως απεικονίζεται στο ακόλουθο σχήμα.

Τη χρονική στιγμή $t_0 = 0$ εκτοξεύουμε κατακόρυφα προς τα επάνω με ταχύτητα \bar{v}_0 ευθύγραμμο οριζόντιο αγωγό ΚΛ, ωμικής $R_2 = 1,5 \Omega$, μήκους $\ell = 1$ m και μάζας $m = 0,2$ kg, ενώ ταυτόχρονα ασκούμε σε αυτόν κατάλληλη κατακόρυφη δύναμη \vec{F} τέτοια, ώστε ο αγωγός να μετατοπίζεται ομαλά επιταχυνόμενα, χωρίς τριβές, έχοντας τα άκρα του συνεχώς σε επαφή με τις ράβδους Αx και Γy και παραμένοντας κάθετος σε αυτές. Η ένταση I του ρεύματος που διαρρέει τον αγωγό ΚΛ μεταβάλλεται με τον χρόνο t σύμφωνα με την εξίσωση $I = 1 + 3t$ (S.I.)

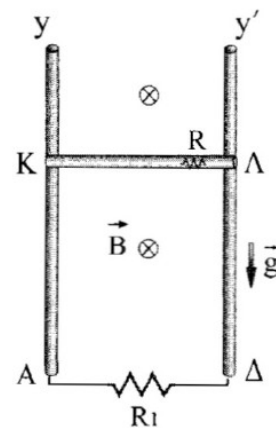


- α. Να υπολογίσετε το μέτρο της ταχύτητας εκτόξευσης του αγωγού ΚΛ καθώς και το μέτρο της σταθερής επιτάχυνσής του $\ddot{\alpha}$.
- β. Να σχεδιάσετε τις δυνάμεις που δέχεται ο αγωγός ΚΛ τη χρονική στιγμή $t_0 = 0$ και να υπολογίσετε τα μέτρα τους.
- γ. Να υπολογίσετε τον ρυθμό μεταβολής της βαρυτικής δυναμικής ενέργειας του αγωγού ΚΛ τη χρονική στιγμή κατά την οποία το μέτρο της δύναμης \vec{F} είναι 16,6 N.
- δ. Κατά πόσο μεταβάλλεται η μαγνητική ροή, κατ' απόλυτη τιμή, που διέρχεται από την επιφάνεια την οποία σαρώνει ο αγωγός ΚΛ στο χρονικό διάστημα $0 \leq t \leq 2$ s.

Δίνεται το μέτρο της επιτάχυνσης της βαρύτητας: $g = 10 \text{ m/s}^2$.

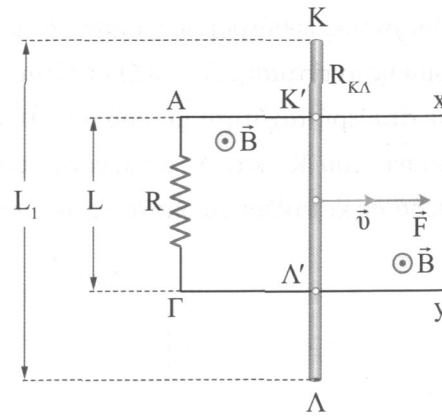
6

Στη διπλανή διάταξη, ο αγωγός ΚΛ έχει αντίσταση $R=1\Omega$, μήκος $\ell=1\text{m}$, μάζα $m=0,3\text{kg}$ και αποτελεί τμήμα ενός κλειστού κυκλώματος που δημιουργούν οι κατακόρυφοι παράλληλοι αγωγοί-οδηγοί Ay , $\Delta y'$ και ο αντιστάτης $R_1=3\Omega$. Ο αγωγός ΚΛ μπορεί να ολισθαίνει, παρουσιάζοντας τριβή ολίσθησης $T=0,8\text{N}$, πάνω στους αγωγούς Ay , $\Delta y'$, που είναι αμελητέας αντίστασης, παραμένοντας διαρκώς κάθετος σε αυτούς. Η όλη διάταξη βρίσκεται μέσα σε οριζόντιο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης μέτρου $B=\sqrt{2}\text{T}$, του οποίου οι δυναμικές γραμμές είναι κάθετες στο επίπεδο που ορίζουν οι αγωγοί Ay , $\Delta y'$ και έχουν φορά από τον αναγνώστη προς τη σελίδα. Τον αρχικά ακίνητο αγωγό ΚΛ τη χρονική στιγμή $t=0$ τον εκτοξεύουμε προς τα κάτω με αρχική ταχύτητα 2m/s .



- α. Να σχεδιάσετε τη φορά του επαγωγικού ρεύματος που θα δημιουργηθεί στο κύκλωμα και να βρείτε το είδος της κίνησης που θα εκτελέσει η ράβδος.
 - β. Να βρείτε την οριακή ταχύτητα που θα αποκτήσει ο αγωγός.
 - γ. Να βρείτε το ρυθμό μεταβολής της κινητικής ενέργειας του αγωγού ΚΛ και το ρυθμό με τον οποίο αναπτύσσεται θερμότητα Joule στον αντιστάτη R_1 , όταν ο αγωγός έχει ταχύτητα $u=3\text{m/s}$.
 - δ. Να βρείτε πόσο μετατοπίστηκε η ράβδος μέχρι να αποκτήσει την οριακή της ταχύτητα, αν γνωρίζουμε ότι σε αυτήν τη μετατόπιση αναπτύχθηκε στο κύκλωμα λόγω του φαινομένου Joule θερμότητα ίση με $Q=2,096\text{J}$.
- Δίνεται $g=10\text{m/s}^2$.

Η οριζόντια, ομογενής και ισοπαχής μεταλλική ράβδος ΚΛ μήκους $L_1 = 4 \text{ m}$ και ωμικής αντίστασης $R_{\text{KL}} = 8 \ \Omega$ του διπλανού σχήματος κινείται, χωρίς τριβές, με σταθερή ταχύτητα \vec{v} επάνω σε δύο οριζόντιους παράλληλους αγωγούς Αx και Γy, οι οποίοι έχουν αμελητέα ωμική αντίσταση και απέχουν μεταξύ τους απόσταση $L = 2 \text{ m}$. Τα άκρα Α και Γ αγωγών Αx και Γy συνδέονται μεταξύ τους μέσω αντιστάτη ωμικής αντίστασης $R = 2 \ \Omega$. Ολόκληρη η διάταξη βρίσκεται μέσα σε κατακόρυφο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης μέτρου $B = 0,5 \text{ T}$.

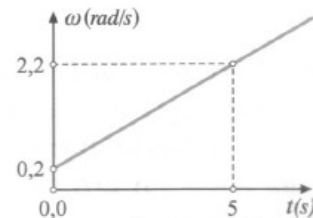
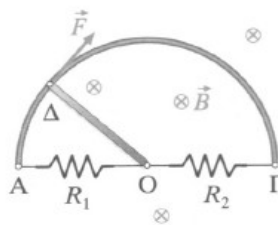


Στο μέσον του αγωγού ΚΛ ασκείται σταθερή οριζόντια δύναμη \vec{F} που είναι παράλληλη προς τους αγωγούς Αx και Γy, όπως απεικονίζεται στο σχήμα. Το μέτρο του ρυθμού με τον οποίο μεταβάλλεται η μαγνητική ροή που διέρχεται από το κλειστό κύκλωμα ΑΚ'Λ'ΓΑ είναι ίσο με 18 Wb/s .

Να υπολογίσετε:

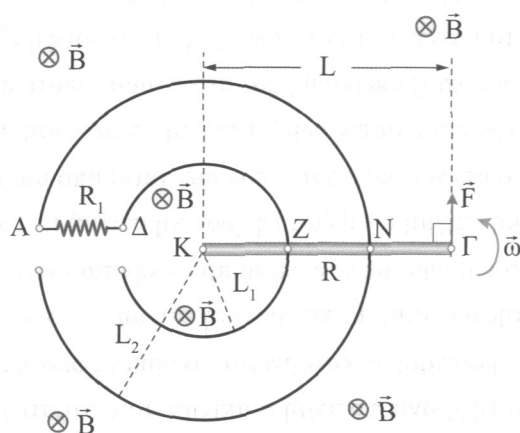
- Το μέτρο της σταθερής ταχύτητας \vec{v} με την οποία κινείται η ράβδος ΚΛ.
- Την ισχύ της δύναμης \vec{F} .
- Τη διαφορά δυναμικού $V_A - V_\Gamma$ που αναπτύσσεται στα άκρα του αντιστάτη ωμικής αντίστασης R .
- Τη θερμότητα Joule που εκλύεται από τη ράβδο ΚΛ στο χρονικό διάστημα Δt στο οποίο η θερμότητα Joule που εκλύεται από τον αντιστάτη ωμικής αντίστασης R είναι $Q_R = 36 \text{ J}$.

Ο οριζόντιος ημικυκλικός μεταλλικός αγωγός ΑΓ, ακτίνας $(OA) = r = 3 \text{ m}$, έχει αμελητέα ωμική αντίσταση. Τα άκρα Α και Γ συνδέονται μέσω αντιστατών ωμικής αντίστασης $R_1 = 30 \ \Omega$ και $R_2 = 60 \ \Omega$ αντίστοιχα. Ευθύγραμμη μεταλλική ράβδος ΟΔ, μήκους $\ell = r = 3 \text{ m}$, ωμικής αντίστασης $R = 10 \ \Omega$ και αμελητέας μάζας, έχει το ένα άκρο της συνδεδεμένο αγωγίμα στο κέντρο Ο και το άλλο άκρο στον μεταλλικό δακτύλιο, με τον οποίο δεν εμφανίζει τριβές. Τη χρονική στιγμή $t_0 = 0$ η ράβδος βρίσκεται στη διεύθυνση ΟΑ και δέχεται στο άκρο της Δ οριζόντια δύναμη κάθετη σε αυτή. Η γωνιακή ταχύτητα της ράβδου μεταβάλλεται με τον χρόνο όπως φαίνεται στο διάγραμμα. Το όλο σύστημα βρίσκεται μέσα σε κατακόρυφο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης \vec{B} με μέτρο $B = \frac{4}{3} \text{ T}$. Τη χρονική στιγμή $t_1 = 2 \text{ s}$ να υπολογίσετε:



- τη γωνιακή ταχύτητα της ράβδου,
- την ΗΕΔ από επαγωγή που αναπτύσσεται στη ράβδο,
- τις εντάσεις των ρευμάτων που διαρρέουν τους αντιστάτες,
- το μέτρο της δύναμης \vec{F} .

Δύο οριζόντιοι, ομόκεντροι κυκλικοί μεταλλικοί αγωγοί με ακτίνες $L_1 = 2 \text{ m}$ και $L_2 = 4 \text{ m}$ είναι τοποθετημένοι σε ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης μέτρου $B = 2 \text{ T}$. Οι αγωγοί έχουν αμελητέα ωμική αντίσταση και το επίπεδό τους είναι κάθετο στις δυναμικές γραμμές του ομογενούς μαγνητικού πεδίου. Οι αγωγοί έχουν μικρά διάκενα στα σημεία A και Δ, τα οποία είναι συνδεδεμένα με αντιστάτη ωμικής αντίστασης $R_1 = 20 \Omega$. Ευθύγραμμος ομογενής αγωγός ΚΓ μήκους $L = 6 \text{ m}$ και σταθερής διατομής στρέφεται, χωρίς τριβές και αντίθετα από τη φορά περιστροφής των δεικτών του ρολογιού, στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο με τους κυκλικούς αγωγούς γύρω από κατακόρυφο άξονα που διέρχεται από το κοινό τους κέντρο Κ, με σταθερή γωνιακή ταχύτητα μέτρου $\omega = 5 \text{ rad/s}$. Ο αγωγός ΚΓ εφάπτεται συνεχώς με τους κυκλικούς αγωγούς στα σημεία Ζ και Ν. Η ωμική αντίσταση του αγωγού ΚΓ είναι $R = 30 \Omega$.



Να υπολογίσετε:

- Την ηλεκτρεγερτική δύναμη από επαγωγή που αναπτύσσεται στο τμήμα ΖΝ του αγωγού ΚΓ που βρίσκεται μεταξύ των δύο κυκλικών αγωγών.
- Την ένταση του επαγωγικού ρεύματος που διαρρέει τον αντιστάτη ωμικής αντίστασης R_1 και να σχεδιάσετε τη φορά του.
- Τη διαφορά δυναμικού μεταξύ των σημείων Α και Δ.
- Το μέτρο της οριζόντιας δύναμης \vec{F} που πρέπει να ασκείται συνεχώς στο άκρο Γ του αγωγού ΚΓ, κάθετα προς αυτόν, ώστε ο αγωγός ΚΓ να περιστρέφεται με σταθερή γωνιακή ταχύτητα $\vec{\omega}$.