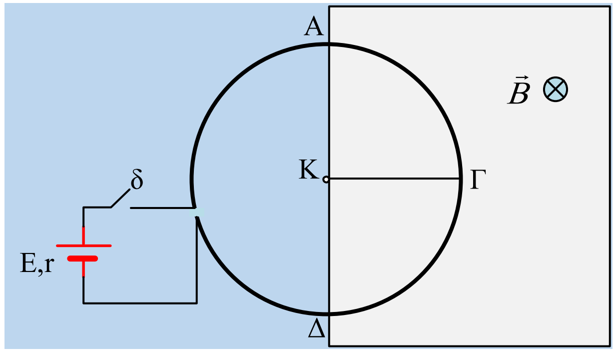
Ο μισός κυκλικό αγωγός σε μαγνητικό πεδίο.

Σε λείο οριζόντιο επίπεδο, ηρεμεί ένας οριζόντιος κυκλικός αγωγός ακτίνας R, κατά το ήμισυ μέσα σε ένα κατακόρυφο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης B, όπως στο σχήμα.



A) Μόλις κλείσουμε τον διακόπτη δ, ο αγωγός:

i) Θα μπει στο πεδίο,

ii) θα βγει από το πεδίο,

iii) Το κέντρο του K θα κινηθεί προς το σημείο A παράλληλα προς το όριο του πεδίου,

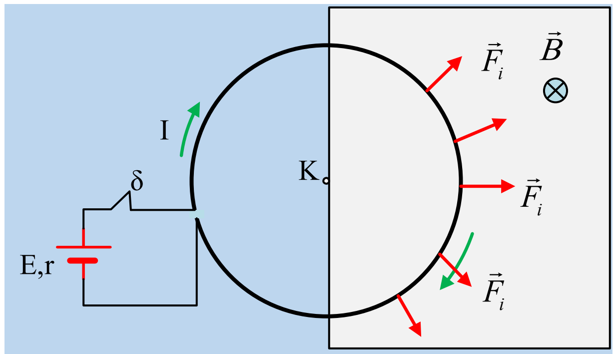
iv) Το κέντρο του K θα κινηθεί παράλληλα προς το όριο του πεδίου, προς το σημείο Δ.

B) Να αποδειχθεί ότι το μέτρο της δύναμης Laplace που θα ασκηθεί στον κυκλικό αγωγό, αμέσως μετά το κλείσιμο του διακόπτη, δίνεται από την εξίσωση F=2BIR, όπου I η ένταση του ρεύματος που διαρρέει τον αγωγό.

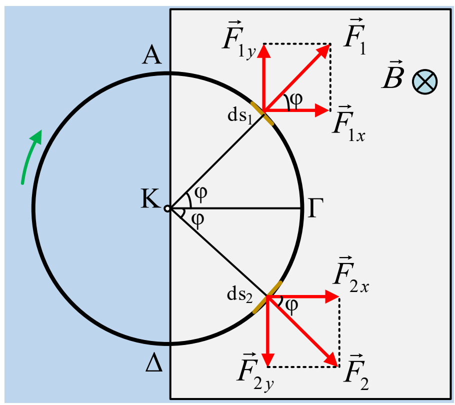
Οι αγωγοί σύνδεσης του κυκλικού αγωγού με την πηγή, θεωρούνται ευλύγιστα λεπτά καλώδια, τα οποία επιτρέπουν την κίνηση του κυκλικού αγωγού.

Απάντηση:

i) Μόλις κλείσουμε το διακόπτη, το κύκλωμα θα διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα, με φορά όπως στο σχήμα. Αλλά τότε σε κάθε στοιχειώδες τμήμα μήκους Δs του ημικυκλίου, που βρίσκεται μέσα στο πεδίο, θα ασκηθεί δύναμη Laplace, κάθετη στο Δs, όπως φαίνεται στο σχήμα. Χωρίς να αναζητήσουμε την κατεύθυνση της συνισταμένης, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι οι παραπάνω δυνάμεις F_i θα σύρουν τον κυκλικό αγωγό μέσα στο πεδίο, μετακινώντας τον προς τα δεξιά. Σωστό το i).



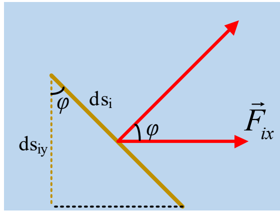
ii) Έστω η ακτίνα ΚΓ του κύκλου, κάθετη στη διάμετρο ΑΔ και ένα στοιχειώδες τόξο μήκους ds_1 όπου η ακτίνα που συνδέει το μέσον του με το K, σχηματίζει γωνία φ με την ΚΓ. Η δύναμη Laplace που ασκείται στο ds_1, είναι κάθετη σε αυτό και έχει μέτρο $F_1=BI\cdot ds_1$. Μπορούμε να αναλύσουμε τη δύναμη αυτή σε μια παράλληλη στην ΑΔ και μια κάθετη σε αυτή, παίρνοντας:



$$F_{1y}=F_1\cdot ημφ= BIds_1\cdot ημφ \quad \text{και}$$

$$F_{1x}=F_1\cdot συνφ =BIds_1\cdot συνφ$$

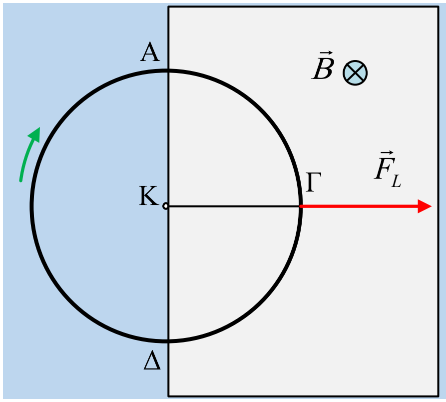
Αλλά για κάθε στοιχειώδες τόξο ds_1, υπάρχει ένα δεύτερο τόξο $ds_2=ds_1$ στο τεταρτοκύκλιο ΓΔ, όπου η αντίστοιχη ακτίνα να σχηματίζει επίσης γωνία φ, βλέπε σχήμα, όπου απλά η $F_{2y}=BIds_2 \cdot ημφ$ θα έχει το ίδιο μέτρο με την F_{1y} και αντίθετη φορά. Έτσι $\vec{F}_{1y}+\vec{F}_{2y}=0$, με αποτέλεσμα αν χωρίσουμε το ημικύκλιο ΑΓΔ σε στοιχειώδη τόξα, η συνολική συνισταμένη στην διεύθυνση y, την παράλληλη στην διάμετρο ΑΔ, θα είναι μηδενική. Αλλά τότε δεν μένουν παρά οι συνιστώσες στην διεύθυνση x.



Στο σχήμα βλέπουμε ένα στοιχειώδες τόξο ds_i και την ασκούμενη συνιστώσα της δύναμης Laplace στη διεύθυνση x, F_{ix}. Για το μέτρο της έχουμε:

$$F_{ix}=F_i \cdot συνφ = BIds_i \cdot συνφ = BI \cdot ds_{iy}$$

Το μέτρο δηλαδή της συνιστώσας είναι ίσο με τη δύναμη που θα ασκήτο στην προβολή του ds_i στην διεύθυνση ΑΔ.



Αλλά τότε η ολική δύναμη Laplace που ασκείται στο ημικύκλιο, είναι κάθετη στην διάμετρο ΑΔ και έχει μέτρο:

$$F_L=\sum F_{ix}=\sum BI \cdot ds_{iy}=BI\sum ds_{iy}=BI \cdot 2R$$

Ενώ λόγω συμμετρίας, η παραπάνω δύναμη, θα ασκείται στο μέσον Γ του ημικυκλίου.

Σχόλιο:

Το τελικό αποτέλεσμα που καταλήξαμε στο Β) ερώτημα, δίνει και την «οριστική και χωρίς αμφιβολίες» απάντηση στο Α) ερώτημα, για το ότι ο κυκλικός αγωγός θα κινηθεί προς τα δεξιά και θα μπει στο μαγνητικό πεδίο…

dmargaris@gmail.com