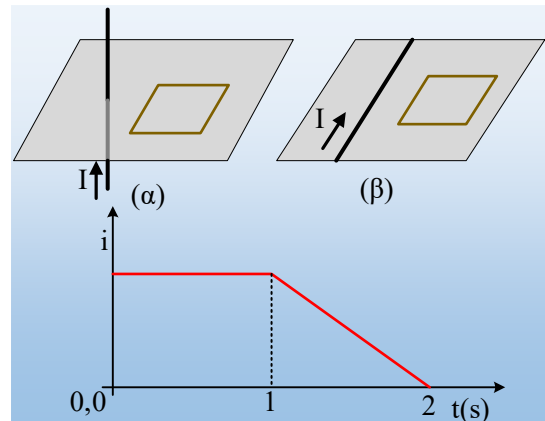


Μεταβάλλοντας το ρεύμα του ευθύγραμμου αγωγού.

Σε λείο οριζόντιο επίπεδο ηρεμεί ένα τετράγωνο αγωγίμο πλαίσιο. Στο (α) σχήμα, ένας ευθύγραμμος κατακόρυφος αγωγός, βρίσκεται σε κοντινή απόσταση στο πλαίσιο, ενώ στο (β) σχήμα ο ευθύγραμμος αγωγός είναι οριζόντιος. Στο κάτω σχήμα βλέπουμε τη μεταβολή της έντασης του ρεύματος που διαρρέει τον ευθύγραμμο αγωγό, σε συνάρτηση με το χρόνο.



i) Αναφερόμενοι στο (α) σχήμα:

α) Οι δυναμικές γραμμές του μαγνητικού πεδίου του ευθύγραμμου αγωγού, έχουν φορά προς τα πάνω.

β) Η μαγνητική ροή που περνάει από το πλαίσιο παραμένει σταθερή από 0-2s.

γ) Στο χρονικό διάστημα 1s-2s στο πλαίσιο εμφανίζεται ηλεκτρεγερτική δύναμη λόγω επαγωγής.

δ) Το τετράγωνο πλαίσιο θα κινηθεί προς τον ευθύγραμμο αγωγό μετά τη στιγμή $t_1=1$ s.

ii) Αναφερόμενοι στο (β) σχήμα.

α) Οι δυναμικές γραμμές του μαγνητικού πεδίου του ευθύγραμμου αγωγού, είναι πάνω στο οριζόντιο επίπεδο.

β) Η μαγνητική ροή που διέρχεται από το πλαίσιο μεταβάλλεται στο χρονικό διάστημα 1s-2s.

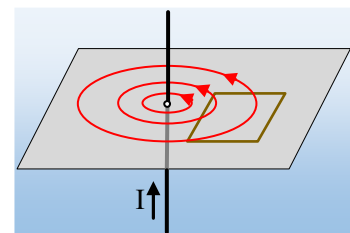
γ) Στο χρονικό διάστημα 0s-1s στο πλαίσιο εμφανίζεται ηλεκτρεγερτική δύναμη λόγω επαγωγής.

δ) Το πλαίσιο θα κινηθεί πλησιάζοντας τον αγωγό.

Να δικαιολογήσετε τις απαντήσεις σας.

Απάντηση:

i) Στο διπλανό σχήμα έχουν σχεδιαστεί οι δυναμικές γραμμές του μαγνητικού πεδίου, γύρω από τον ευθύγραμμο αγωγό, πάνω στο οριζόντιο επίπεδο, που βρίσκεται και το πλαίσιο. Με βάση το σχήμα αυτό, παρατηρούμε ότι η μαγνητική ροή που διέρχεται από το πλαίσιο είναι μηδενική, ανεξάρτητα της έντασης του ρεύματος που διαρρέει τον ευθύγραμμο αγωγό. Αυτό όμως ση-



μαίνει ότι δεν θα εμφανιστούν φαινόμενα επαγωγής, ούτε θα εμφανιστεί επαγωγικό ηλεκτρικό ρεύμα στο πλαίσιο. Κατά συνέπεια δεν θα ασκηθεί και κάποια δύναμη Laplace στο πλαίσιο, από τον ευθύγραμμο αγωγό. Με βάση αυτά οι απαντήσεις είναι:

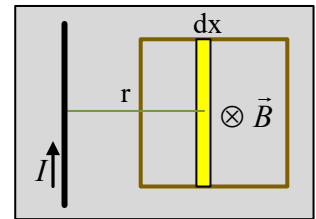
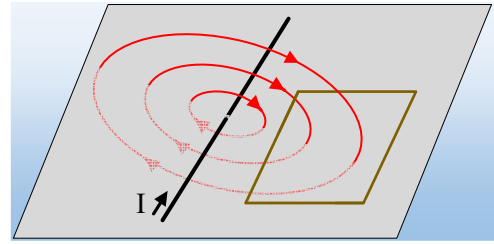
α) Οι δυναμικές γραμμές του μαγνητικού πεδίου του ευθύγραμμου αγωγού, έχουν φορά προς τα πάνω. (Λ)

β) Η μαγνητική ροή που περνάει από το πλαίσιο παραμένει σταθερή από 0-2s. (Σ)

γ) Στο χρονικό διάστημα 1s-2s στο πλαίσιο εμφανίζεται ηλεκτρεγερτική δύναμη λόγω επαγωγής. (Λ)

δ) Το τετράγωνο πλαίσιο θα κινηθεί προς τον ευθύγραμμο αγωγό μετά τη στιγμή $t_1=1$ s. (Λ)

ii) Το μαγνητικό πεδίο στο (β), φαίνεται στο διπλανό σχήμα, όπου έχουν σχεδιαστεί οι δυναμικές γραμμές σε ένα επίπεδο κάθετο στον αγωγό. Οι γραμμές αυτές τέμνουν κάθετα το οριζόντιο επίπεδο, συνεπώς και το επίπεδο του πλαισίου. Αλλά τότε υπάρχει μαγνητική ροή που διέρχεται από το πλαίσιο, η οποία εξαρτάται από την ένταση του μαγνητικού πεδίου, η οποία με την σειρά της είναι ανάλογη με την ένταση του ρεύματος I , που διαρρέει τον ευθύγραμμο αγωγό. Πράγματι ας δούμε το διπλανό σχήμα (κάτωψη) και μια λωρίδα πάχους dx του πλαισίου, η οποία απέχει κατά r από τον ευθύγραμμο αγωγό. Η ένταση του μαγνητικού πεδίου είναι κάθετη στην επιφάνεια, με φορά προς τα μέσα και σε απόσταση r από τον αγωγό έχει μέτρο:

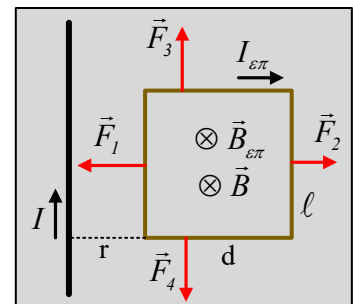


$$B_r = K_\mu \frac{2I}{r}$$

Οπότε η μαγνητική ροή που διέρχεται από την «κίτρινη λωρίδα» είναι ίση (έστω η κάθετη στην επιφάνεια είναι προς τα μέσα, όπως και η ένταση B):

$$\Phi_r = B_r \ell dx = K_\mu \frac{2I}{r} B_r \ell$$

Αλλά τότε και η συνολική ροή που περνά από το πλαίσιο, θα είναι ανάλογη της έντασης του I και θα παραμένει σταθερή, όταν και η ένταση I παραμένει σταθερή (από 0-1s), ενώ θα μεταβάλλεται στο χρονικό διάστημα 1s-2s, στο οποίο μεταβάλλεται και η ένταση του ρεύματος. Έτσι στο διάστημα αυτό θα εμφανιστεί στο πλαίσιο ηλεκτρεγερτική δύναμη λόγω επαγωγής και επαγωγικό ηλεκτρικό ρεύμα, το οποίο σύμφωνα με τον κανόνα του Lenz θα έχει τέτοια φορά ώστε να αντιστέκεται στην μείωση της έντασης του μαγνητικού πεδίου. Στο πλαίσιο δηλαδή θα εμφανιστεί ρεύμα, με τη φορά που φαίνεται στο σχήμα, ώστε να προκαλέσει ένταση μαγνητικού πεδίου $B_{επ}$, ίδιας κατεύθυνσης με την ένταση B .



Σαν αποτέλεσμα, θα ασκηθεί σε κάθε πλευρά του πλαισίου μια δύναμη, όπου η συνισταμένη των δυνάμεων F_3 και F_4 είναι μηδενική (σε κάθε στοιχειώδες τμήμα dx της μιας, ασκείται δύναμη $dF = B_r \cdot I_{επ} \cdot dx$, αντίθετης της δύναμης που ασκείται στο αντίστοιχο τμήμα dx' της άλλης). Αλλά τότε η συνισταμένη θα είναι ίση με $\Sigma F = F_1 - F_2$, με κατεύθυνση αυτή της F_1 , αφού:

$$F_1 = B_r I_{επ} \ell = K_\mu \frac{2I}{r} I_{επ} \ell > K_\mu \frac{2I}{r+d} I_{επ} \ell = F_2$$

Με βάση όλα αυτά οι απαντήσεις είναι:

α) Οι δυναμικές γραμμές του μαγνητικού πεδίου του ευθύγραμμου αγωγού, είναι πάνω στο οριζόντιο

επίπεδο. (Λ)

β) Η μαγνητική ροή που διέρχεται από το πλαίσιο μεταβάλλεται στο χρονικό διάστημα 1s-2s. (Σ)

γ) Στο χρονικό διάστημα 0s-1s στο πλαίσιο εμφανίζεται ηλεκτρεγερτική δύναμη λόγω επαγωγής. (Λ)

δ) Το πλαίσιο θα κινηθεί πλησιάζοντας τον αγωγό. (Σ)

dmargaris@gmail.com