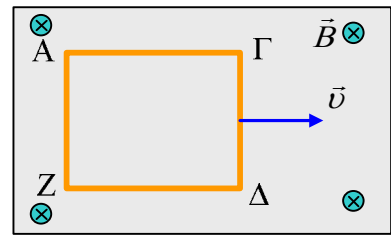


**Τρεις ερωτήσεις επαγωγής.**

1) Το ορθογώνιο συρμάτινο πλαίσιο ΑΓΔΖ κινείται με σταθερή ταχύτητα  $\vec{v}$ , κάθετη στην πλευρά ΓΔ, μέσα σε ένα ομογενές μαγνητικό πεδίο B, όπως στο σχήμα, κάθετα στις δυναμικές γραμμές.

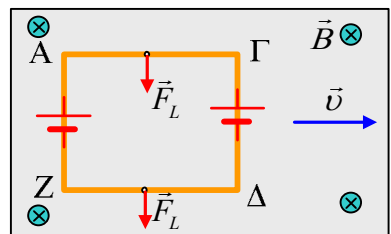


Χαρακτηρίστε τις παρακάτω προτάσεις ως σωστές ή λανθασμένες.

- i) Η μαγνητική ροή που διέρχεται από το πλαίσιο αυξάνεται.
- ii) Το πλαίσιο διαρρέεται από συνεχές ρεύμα.
- iii) Είναι  $V_{\Gamma\Delta} = Bv(\Gamma\Delta)$ .
- iv) Είναι  $V_{AZ} = 0$ .

**Απάντηση:**

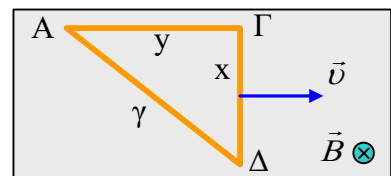
Κατά την κίνηση του πλαισίου, δεν έχουμε μεταβολή της μαγνητικής ροής, συνεπώς δεν εμφανίζεται ΗΕΔ από επαγωγή στο πλαίσιο και άρα δεν θα διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα. Ισοδύναμα αναπτύσσονται ΗΕΔ από επαγωγή στις πλευρές ΓΔ και ΑΖ, με την πολικότητα που φαίνεται στο σχήμα, όπου  $E_{\Gamma\Delta} = E_{AZ} = Bv(\Gamma\Delta)$ , οπότε η συνολική ΗΕΔ είναι μηδενική. Ας σημειωθεί ότι στις πλευρές ΑΓ και ΖΔ δεν αναπτύσσονται ΗΕΔ από επαγωγή, αφού οι δυνάμεις Lorentz στα ελεύθερα ηλεκτρόνια τα ωθούν πλευρικά, όπως φαίνεται στο σχήμα.



Με βάση αυτά οι απαντήσεις είναι:

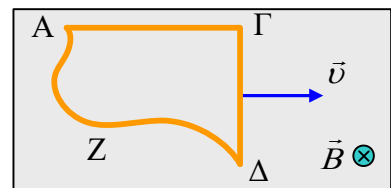
- i) Η μαγνητική ροή που διέρχεται από το πλαίσιο αυξάνεται. **(Λ)**
- ii) Το πλαίσιο διαρρέεται από συνεχές ρεύμα. **(Λ)**
- iii) Είναι  $V_{\Gamma\Delta} = Bv(\Gamma\Delta)$ . **(Σ)**
- iv) Είναι  $V_{AZ} = 0$ . **(Λ)**

2) Το συρμάτινο πλαίσιο ΑΓΔ, σχήματος ορθογωνίου τριγώνου ( όπου  $\hat{\Gamma} = 90^\circ$  ), με πλευρές x,y, γ κινείται με σταθερή ταχύτητα  $\vec{v}$  παράλληλη στην πλευρά ΑΓ, μέσα σε ένα ομογενές μαγνητικό πεδίο  $\vec{B}$ , όπως στο σχήμα, κάθετα στις δυναμικές γραμμές.



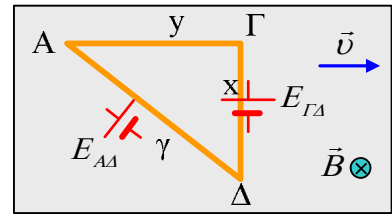
i) Να υπολογισθεί η ΗΕΔ από επαγωγή που αναπτύσσεται στην υποτείνουσα ΑΔ του τριγώνου.

ii) Να υπολογιστεί η ΗΕΔ που αναπτύσσεται στην περίπτωση που η υποτείνουσα ΑΓ, αντικατασταθεί από ένα καμπύλο σύρμα ΑΖΔ, όπως στο δεύτερο σχήμα.



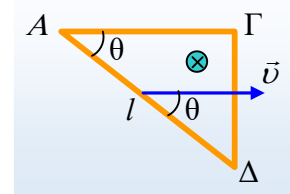
**Απάντηση:**

i) Με βάση το προηγούμενο ερώτημα, ΗΕΔ από επαγωγή αναπτύσσεται στις πλευρές ΓΔ και ΑΔ του πλαισίου, αλλά όχι στην πλευρά ΑΓ, ενώ η συνολική ΗΕΔ στο πλαίσιο είναι μηδενική, αφού η μαγνητική ροή που διέρχεται από το πλαίσιο παραμένει σταθερή. Αλλά τότε θα έχουμε:



$$E_{A\Gamma} + E_{\Gamma\Delta} + E_{\Delta A} = 0 \rightarrow 0 + Bv(\Gamma\Delta) - E_{A\Delta} = 0 \rightarrow E_{A\Delta} = Bvx$$

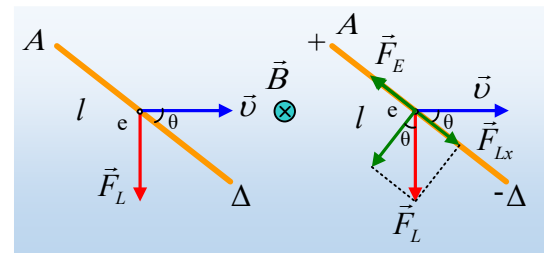
Βλέπουμε δηλαδή ότι η ΗΕΔ από επαγωγή που αναπτύσσεται στην πλευρά ΑΔ, η ταχύτητα της οποίας σχηματίζει γωνία θ με την πλευρά, δίνεται από την σχέση:



$$E_{A\Delta} = Bvx = Bv(\Gamma\Delta) = Bvl \cdot \eta\mu\theta$$

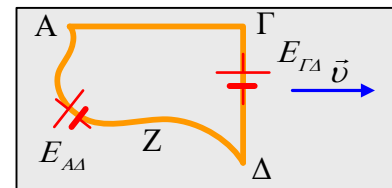
**Σχόλιο:**

Στο ίδιο αποτέλεσμα θα μπορούσαμε να καταλήξουμε εφαρμόζοντας την ίδια αποδεικτική πορεία, με την θεωρία του σχολικού βιβλίου. Στο πρώτο από τα διπλανά σχήματα έχει σημειωθεί η δύναμη Lorentz σε ένα ελεύθερο ηλεκτρόνιο, εξαιτίας της οποίας μεταφέρεται στο άκρο Δ του αγωγού ΑΓ, ενώ στο δεύτερο σχήμα οι δυνάμεις σε ένα ελεύθερο ηλεκτρόνιο, όταν αποκατασταθεί σταθερή τάση στα άκρα του.



$$|F_{Lx}| = |F_E| \rightarrow Bv|q| \cdot \eta\mu\theta = E|q| \rightarrow V_{A\Delta} = El = Bvl \cdot \eta\mu\theta$$

ii) Ερχόμενοι τώρα στον αγωγό ΑΔ καμπύλου σχήματος, δουλεύοντας όπως στο προηγούμενο ερώτημα, θα έχουμε:



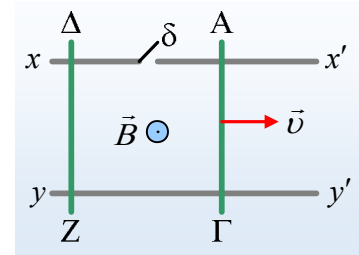
$$E_{A\Gamma} + E_{\Gamma\Delta} + E_{\Delta ZA} = 0 \rightarrow 0 + Bv(\Gamma\Delta) - E_{AZA} = 0 \rightarrow E_{AZA} = Bvx$$

Παρατηρούμε δηλαδή ότι, η ΗΕΔ στον καμπύλο αγωγό ΑΖΔ, είναι ίση με την ΗΕΔ που αναπτύσσεται στον αγωγό ΓΔ, ίση δηλαδή σε αγωγό με μήκος ίσο με την προβολή του αγωγού ΑΖΔ, σε διεύθυνση y, κάθετη στην ταχύτητα  $\vec{v}$ . Ισοδύναμα, αν προτιμάτε (για να συνδέουμε τα δύο ερωτήματα), ίση με την ΗΕΔ σε ευθύγραμμο αγωγό ΑΔ, ο οποίος συνδέει τα άκρα Α και Δ του καμπύλου αγωγού.

3) Οι αγωγοί ΑΓ και ΔΖ μπορούν να κινούνται σε επαφή με δύο οριζόντιους στύλους x x' και y y', μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο. Ο αγωγός ΑΓ κινείται με ταχύτητα v, ενώ ο ΔΖ είναι ακίνητος, όπως στο σχήμα.

α) Αν ο διακόπτης είναι ανοικτός:

- i) Σε ένα ελεύθερο ηλεκτρόνιο του ΑΓ ασκείται δύναμη Lorentz με κατεύθυνση προς το άκρο Α του αγωγού.
- ii) Στον αγωγό ΑΓ αναπτύσσεται ΗΕΔ από επαγωγή με το (+) στο άκρο Α.
- iii) Αν δεν ασκούμε δύναμη στον ΑΓ, η ταχύτητά του θα μειωθεί.
- iv) Ο αγωγός ΔΖ δέχεται δύναμη Laplace με φορά προς τα δεξιά.

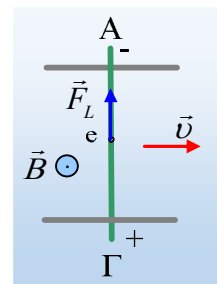


β) Σε μια στιγμή κλείνουμε το διακόπτη. Αμέσως μετά:

- Ο αγωγός ΔΖ δέχεται δύναμη Laplace με φορά προς τα αριστερά.
- Η ταχύτητα του αγωγού ΑΓ θα μειωθεί.
- Και οι δύο αγωγοί δέχονται δύναμη Laplace με φορά προς τ' αριστερά.

**Απάντηση:**

i) α) Στο διπλανό σχήμα έχει σημειωθεί η δύναμη Lorentz η οποία ασκείται σε ένα ελεύθερο ηλεκτρόνιο του αγωγού ΑΓ, από το μαγνητικό πεδίο.

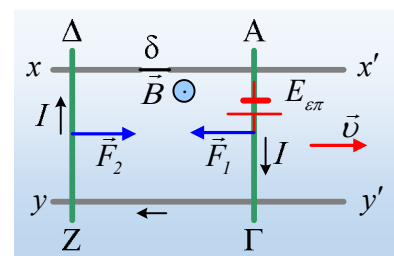


α) εξαιτίας της δύναμης αυτής, στο άκρο Α έχουμε συσσώρευση ηλεκτρονίων, με αντίστοιχο έλλειμα στο άκρο Γ. Σαν αποτέλεσμα, στον αγωγό αναπτύσσεται τάση από επαγωγή, ΗΕΔ από επαγωγή, με θετικό πόλο το άκρο Γ. Βέβαια δεν υπάρχει κλειστό κύκλωμα και δεν έχουμε ηλεκτρικό ρεύμα να διαρρέει τον αγωγό, με αποτέλεσμα να μην ασκείται δύναμη Laplace στον αγωγό, οπότε δεν υπάρχει λόγος να ασκείται και κάποια άλλη εξωτερική δύναμη για να μπορεί να κινείται με σταθερή ταχύτητα ο αγωγός.

Με βάση αυτά, οι απαντήσεις είναι:

- i) Σε ένα ελεύθερο ηλεκτρόνιο του ΑΓ ασκείται δύναμη Lorentz με κατεύθυνση προς το άκρο Α του αγωγού. (Σ)
- ii) Στον αγωγό ΑΓ αναπτύσσεται ΗΕΔ από επαγωγή με το (+) στο άκρο Α. (Λ)
- iii) Αν δεν ασκούμε δύναμη στον ΑΓ, η ταχύτητά του θα μειωθεί. (Λ)
- iv) Ο αγωγός ΔΖ δέχεται δύναμη Laplace με φορά προς τα δεξιά. (Λ)

β) Μόλις κλείσουμε το διακόπτη, εξαιτίας της ΗΕΔ που έχει αναπτυχθεί στο τμήμα του ΑΓ, μεταξύ των δύο παράλληλων στύλων x-x' και y-y', το κύκλωμα θα αρχίζει να διαρρέεται από ρεύμα, με φορά όπως στο σχήμα. Αλλά τότε με τον κανόνα των τριών δακτύλων, βρίσκουμε ότι στον αγωγό ΑΓ, θα ασκηθεί δύναμη Laplace F1, με κατεύθυνση αντίθετη της ταχύτητας, ενώ στον αγωγό ΔΖ, δύναμη F2, με φορά προς τα δεξιά. Εξαιτίας της F1 ο αγωγός ΑΓ θα επιβραδυνθεί, ενώ αντίθετα ο αγωγός ΔΖ θα επιταχυνθεί προς τα δεξιά. Συνεπώς οι απαντήσεις είναι:



- Ο αγωγός ΔΖ δέχεται δύναμη Laplace με φορά προς τα αριστερά. (Λ)

- Η ταχύτητα του αγωγού ΑΓ θα μειωθεί. (Σ)
- Και οι δύο αγωγοί δέχονται δύναμη Laplace με φορά προς τ' αριστερά. (Λ)

[dmargaris@gmail.com](mailto:dmargaris@gmail.com)