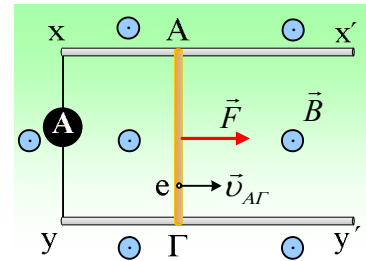
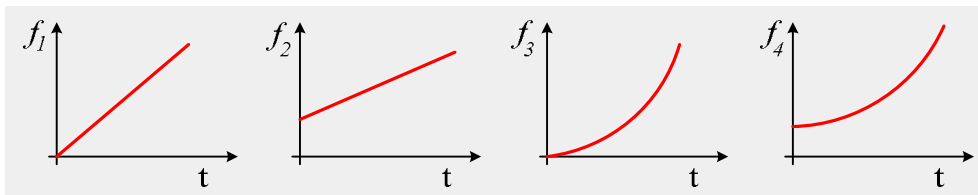


## Δυνάμεις και γραφικές παραστάσεις στην επαγωγή.

Ο αγωγός ΑΓ του σχήματος, με αντίσταση R, σύρεται οριζόντια σε επαφή με δύο παράλληλους στύλους xx' και yy', οι οποίοι ορίζουν ένα οριζόντιο επίπεδο. Η κίνηση του ΑΓ γίνεται χωρίς τριβές, με σταθερή επιτάχυνση α, ξεκινώντας τη στιγμή t=0, από τα άκρα x και y, χωρίς αρχική ταχύτητα. Τα άκρα x και y των δύο στύλων συνδέονται με αμπερόμετρο με εσωτερική αντίσταση r, ενώ στο χώρο υπάρχει ομογενές μαγνητικό πεδίο, κάθετο στο επίπεδο κίνησης του ΑΓ.



- i) Στο σχήμα έχει σημειωθεί ένα ελεύθερο ηλεκτρόνιο του αγωγού ΑΓ. Να σημειώστε στο σχήμα την δύναμη που ασκεί πάνω του το μαγνητικό πεδίο, εξαιτίας της ταχύτητάς του  $v_{AG}$ , η οποία οφείλεται στην κίνηση του ΑΓ. Ποια η συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται σε όλα τα φορτία του ΑΓ, εξαιτίας της ταχύτητας  $v_{AG}$  του αγωγού;
- ii) Να σημειώστε στο σχήμα την ταχύτητα διολίσθησης του παραπάνω ηλεκτρονίου  $v_d$  και την δύναμη Lorentz που θα ασκηθεί πάνω του, εξαιτίας της ταχύτητας αυτής. Ποια η συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται στον ΑΓ, εξαιτίας της ταχύτητας  $v_d$  όλων των ελευθέρων ηλεκτρονίων του αγωγού ΑΓ;
- iii) Δίνονται οι παρακάτω τέσσερις γραφικές παραστάσεις.



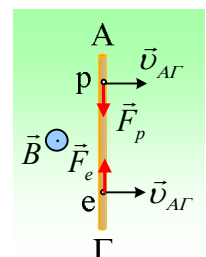
Ποια από τις παραστάσεις αυτές μπορεί να παριστάνει:

- α) Την ένδειξη του αμπερομέτρου.
- β) Το μέτρο της οριζόντιας δύναμης F, η οποία σύρει τον αγωγό προς τα δεξιά.
- γ) Το μέτρο της δύναμης Laplace η οποία ασκείται στον στύλο xx'.
- δ) Την τάση στα άκρα του αγωγού ΑΓ.

Να δικαιολογήσετε τις απαντήσεις σας.

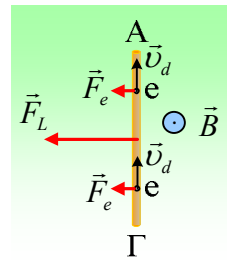
### Απάντηση:

- i) Στο διπλανό σχήμα έχει σχεδιαστεί, η δύναμη Lorentz, την οποία ασκεί το μαγνητικό πεδίο, σε ένα ελεύθερο ηλεκτρόνιο, του κινούμενου αγωγού ΑΓ. Εξαιτίας της δύναμης αυτής το ηλεκτρόνιο θα αποκτήσει ταχύτητα, κινούμενο προς το άκρο Α, με αποτέλεσμα το κύκλωμα να διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα. Βέβαια τέτοια δύναμη δεν ασκείται μόνο στα (ελεύθερα) ηλεκτρόνια του αγωγού ΑΓ, αλλά και στα πρωτόνια, όπως φαίνεται στο σχήμα, με αντίθετη κατεύθυνση. Βέβαια αυτά, δεν έχουν την δυνατότητα να κινηθούν, όπως τα ελεύθερα ηλεκτρόνια, όμως αν αναζητήσουμε την συνισταμένη των δυνάμεων που το μαγνητικό πεδίο ασκεί στα φορτία του ΑΓ και... τελικά στον ΑΓ, εξαιτίας της ταχύτητάς του, αυτή θα είναι



μηδενική!

ii) Αν τώρα ένα ελεύθερο ηλεκτρόνιο μεταφέρεται με ταχύτητα διολίσθησης  $v_d$  προς το άκρο Α, τότε θα δεχτεί δύναμη Lorentz, όπως στο διπλανό σχήμα.

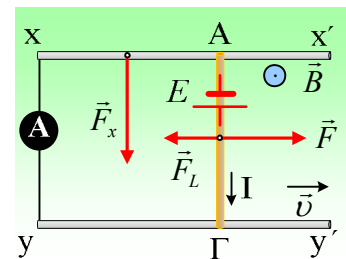


Αξίζει να προσέξουμε δύο πράγματα.

- Αντίστοιχες δυνάμεις δεν θα δεχτούν όλα τα ηλεκτρόνια, παρά μόνο όσα κινούνται (τα ελεύθερα) και αυτές οι δυνάμεις τελικά έχουν αντίθετη κατεύθυνση από την ταχύτητα κίνησης του αγωγού ΑΓ.
- Τα πρωτόνια δεν διολισθαίνουν, άρα δεν θα δεχτούν αντίστοιχες δυνάμεις.

Η συνισταμένη όλων αυτών των δυνάμεων στα ελεύθερα ηλεκτρόνια, θα είναι μια δύναμη, με κατεύθυνση προς τα αριστερά, που οφείλεται στην ταχύτητα διολίσθησης των ηλεκτρονίων, στην οποία οφείλεται και το ηλεκτρικό ρεύμα στον ΑΓ. Τελικά δηλαδή, επειδή ο αγωγός διαρρέεται από ρεύμα δέχεται την παραπάνω συνισταμένη, η οποία δεν είναι άλλη από την ... δύναμη Laplace!

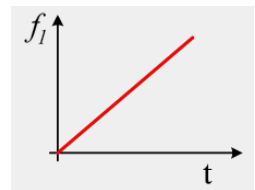
iii) Αφού ο αγωγός κινείται με σταθερή επιτάχυνση, θα αναπτύσσεται πάνω του ΗΕΔ, λόγω επαγωγής και το κύκλωμα θα διαρρέεται από ρεύμα έντασης I, με φορά όπως στο σχήμα. Με βάση τη φορά του ρεύματος, στο διπλανό σχήμα, έχουν σχεδιαστεί η δύναμη Laplace η οποία ασκείται στο μέσον του ΑΓ, καθώς και η δύναμη Laplace  $F_x$  η οποία ασκείται στον αγωγό  $x\lambda$ , στο μέσον του τμήματος  $x\lambda$ .



α) Για την ένταση του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα, έχουμε:

$$I = \frac{E}{R_{ολ}} = \frac{Bv\ell}{R+r} = \frac{B\ell a}{R+r} t$$

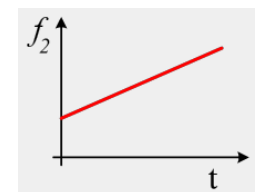
Με βάση την παραπάνω σχέση, βλέπουμε ότι η ένδειξη του αμπερομέτρου είναι ανάλογη του χρόνου και η γραφική της παράσταση, είναι όπως στο πρώτο σχήμα.



β) Από τον 2° νόμο του Νεύτωνα για τον αγωγό ΑΓ, παίρνουμε:

$$\Sigma F = ma \rightarrow F - F_L = ma \rightarrow F = BI\ell + ma \rightarrow F = \frac{B^2 \ell^2 a}{R+r} t + ma$$

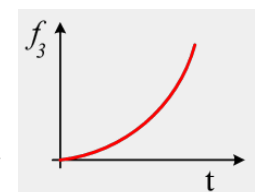
Η παραπάνω συνάρτηση είναι της μορφής  $y=ax+\beta$  με γραφική παράσταση, όπως στο 2° διάγραμμα.



γ) Έστω κάποια στιγμή t ο αγωγός βρίσκεται στη θέση του παραπάνω σχήματος όπου  $(x\lambda)=\Delta x$ . Τότε στον αγωγό  $x\lambda$  ασκείται δύναμη Laplace, κάθετη στον αγωγό, με μέτρο:

$$F_x = BI(x\lambda) = B \frac{B\ell a t}{R+r} \cdot \frac{1}{2} a t^2 = \left( \frac{B^2 \ell a^2}{2(R+r)} \right) \cdot t^3$$

Η παραπάνω συνάρτηση είναι 3<sup>ου</sup> βαθμού!!!, μια μορφή καθόλου ... καθημερινής χρήσης. Όμως αρκεί να παρατηρήσουμε ότι για  $t=0$ ,  $F_x=0$  και να επιλέξουμε μια μορφή, από αυτές που μας δίνονται. Και αυτή δεν είναι άλλη από την 3<sup>η</sup>. Αρκεί

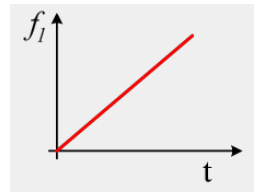


να απορρίψουμε την ...ευθεία!

δ) Για την τάση  $V_{\Gamma\Lambda}$  στα άκρα του αγωγού ΑΓ (γιατί  $V_{\Gamma\Lambda}$ ; Γιατί θέλουμε να υπολογίσουμε μια θετική τιμή), θα έχουμε:

$$V_{\Gamma\Lambda} = E - IR = Bv\ell - \frac{Bv\ell}{R+r} R = \left( B\ell - \frac{B\ell}{R+r} R \right) at = B\ell \frac{r}{R+r} at$$

οπότε και πάλι βρίσκουμε συνάρτηση της μορφής  $y=\lambda x$  με γραφική παράσταση όπως στο 1<sup>ο</sup> σχήμα.



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