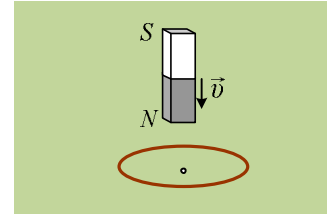


## Δυνάμεις και Ενέργειες κατά την πτώση του μαγνήτη

Ένας ραβδόμορφος μαγνήτης πέφτει κατακόρυφα, κινούμενος προς το κέντρο ενός κυκλικού αγωγού, ο οποίος συγκρατείται με το επίπεδό του οριζόντιο, όπως στο σχήμα.



Σε μια στιγμή ο μαγνήτης, με μάζα  $m=0,1\text{kg}$ , έχει ταχύτητα  $v=2\text{m/s}$ , ενώ ο κυκλικός αγωγός ο οποίος έχει αντίσταση  $R=0,2\Omega$ , διαρρέεται από ρεύμα έντασης  $I=1\text{A}$ . Για την στιγμή αυτή:

- i) Να σχεδιάσετε στο σχήμα την φορά της έντασης του ρεύματος, που διαρρέει τον αγωγό, δίνοντας και μια σύντομη ερμηνεία.
- ii) Να βρεθεί ο ρυθμός μεταβολής της μαγνητικής ροής, η οποία διέρχεται από την επιφάνεια του κυκλικού αγωγού.
- iii) Να υπολογιστεί ο ρυθμός με τον οποίο η μηχανική ενέργεια μετατρέπεται σε ηλεκτρική στον αγωγό, καθώς και η δύναμη Laplace που ασκείται στον αγωγό από το μαγνητικό πεδίο του μαγνήτη.
- iv) Να βρεθεί ο ρυθμός μεταβολής της κινητικής ενέργειας του μαγνήτη.

Δίνεται  $g=10\text{m/s}^2$

### Απάντηση:

- i) Καθώς πέφτει ο μαγνήτης, αυξάνεται ο αριθμός των δυναμικών γραμμών του μαγνητικού του πεδίου, που περνούν από την επιφάνεια του κυκλικού αγωγού, όπως φαίνεται στο πρώτο σχήμα. Αλλά τότε μεταβάλλεται (αυξάνεται) η μαγνητική ροή και θα εμφανιστεί ηλεκτρεγερτική δύναμη λόγω επαγωγής στον αγωγό, ο οποίος θα αρχίσει να διαρρέεται από ρεύμα, με φορά όπως στο δεύτερο σχήμα, αφού μόνο τότε θα δημιουργήσει ένα δεύτερο μαγνητικό πεδίο με δυναμικές γραμμές προς τα πάνω, τείνοντας να αντισταθεί στην αύξηση της μαγνητικής ροής. Ισοδύναμα, καθώς πλησιάζει ο βόρειος πόλος του μαγνήτη, ο κυκλικός αγωγός θα διαρρέεται από ρεύμα με τέτοια φορά, ώστε να δημιουργήσει έναν νέο βόρειο πόλο ( $N'$ ) απέναντι από τον αντίστοιχο πόλο ( $N$ ) του μαγνήτη και έτσι να τον απωθήσει (μη επιτρέποντας το πλησίασμα του μαγνήτη, το οποίο είναι και η αιτία εμφάνισης της ΗΕΔ).
- ii) Ο ρυθμός μεταβολής της μαγνητικής ροής, είναι ίσος με την αναπτυσσόμενη ΗΕΔ στο κυκλικό αγωγό, οπότε αφήνοντας το πρόσημο (-) το οποίο συνδέεται με τον προσανατολισμό του πλαισίου, έχουμε:

$$\frac{d\Phi}{dt} = E = IR = 1 \cdot 0,2 \frac{\text{Wb}}{\text{s}} = 0,2 \text{ Wb/s}$$

(Στην πραγματικότητα, παραπάνω θεωρήσαμε την κάθετη στο επίπεδο του κυκλικού αγωγού, να έχει φορά προς τα κάτω, ίδια με την κατεύθυνση της ταχύτητας του μαγνήτη, με αποτέλεσμα να έχουμε θετική ροή και θετικό ρυθμό μεταβολής της.... )

- iii) Ο ρυθμός με τον οποίο η μηχανική ενέργεια μετατρέπεται σε ηλεκτρική στον αγωγό, είναι ίσος με την

ηλεκτρική ισχύ στον (κύκλωμα) αγωγό. Έτσι έχουμε:

$$P_{\eta\lambda} = E \cdot I = I^2 \cdot R = I^2 \cdot 0,2 \Omega = 0,2 \text{ W}$$

Όμως η παραπάνω ισχύς είναι ίση και με το ρυθμό με τον οποίο η δύναμη  $F$  που ασκείται στο μαγνήτη από το μαγνητικό πεδίο του κυκλικού αγωγού, τού αφαιρεί ενέργεια. Έχουμε δηλαδή:

$$P_{\eta\lambda} = |P_F|$$

Αφού

$$P_F = \frac{dW}{dt} = \frac{|F| \cdot dy \cdot \sigma\upsilon\nu 180^\circ}{dt} = -|F| \cdot |v|$$

Όπου το αρνητικό πρόσημο απλά μας λέει ότι η δύναμη αφαιρεί ενέργεια από το μαγνήτη. Έτσι παίρνουμε:

$$|F| = \frac{P_{\eta\lambda}}{|v|} = \frac{0,2}{2} \text{ N} = 0,1 \text{ N}$$

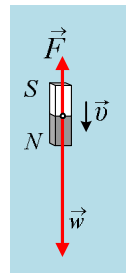
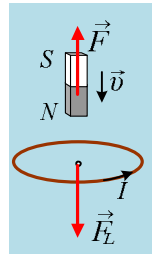
Αλλά η αντίδραση της δύναμης  $F$  που υπολογίσαμε παραπάνω, είναι η δύναμη Laplace που ασκείται από τον μαγνήτη στο κυκλικό αγωγό, επειδή διαρρέεται από ρεύμα. Η δύναμη Laplace, είναι δηλαδή κατακόρυφη με φορά προς τα κάτω, όπως στο σχήμα, ασκείται στο κέντρο  $O$  του κύκλου, λόγω συμμετρίας και έχει μέτρο:

$$F_L = 0,1 \text{ N}$$

iv) Στο διπλανό σχήμα έχουν σχεδιαστεί οι δυνάμεις στο μαγνήτη. Για τον ρυθμό μεταβολής της κινητικής του ενέργειας, θα έχουμε:

$$\frac{dK}{dt} = \frac{dW_{\Sigma F}}{dt} = \frac{(w - F) dy \cdot \sigma\upsilon\nu\alpha}{dt} = |mg - F| \cdot |v|$$

$$\frac{dK}{dt} = (0,1 \cdot 10 - 0,1) \cdot 2 \text{ J/s} = 1,8 \text{ J/s}$$



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