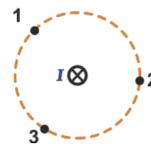
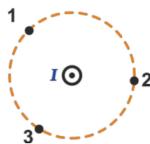

Φυσικη Γ' Λυκείου - Πετρίδης Κωνσταντίνος Ηλεκτρομαγνητισμός

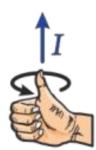
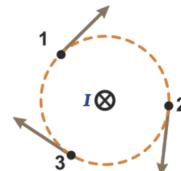
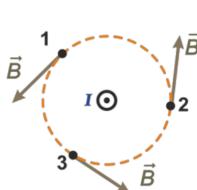
1. Να χαρακτηρίσετε καθεμιά από τις πιο κάτω προτάσεις ως Σωστή ή Λάθος.
 - i. Κατ' αναλογία με τις ηλεκτρικές δυναμικές γραφμές, ο αριθμός των μαγνητικών δυναμικών γραφμών ανά μονάδα επιφάνειας είναι ανάλογος του μέτρου του μαγνητικού πεδίου.
 - ii. Οι μαγνητικές δυναμικές γραφμές αντιστοιχούν σε κλειστούς βρόχους, χωρίς αρχή και τέλος.
 - iii. Είναι εφυκτό να απομονωθεί κάποιος μαγνητικός πόλος.
 - iv. Η μαγνητική δύναμη είναι ελκτική μεταξύ όμοιων μαγνητικών πόλων και απωστική μεταξύ αντίθετων μαγνητικών πόλων.

Λύση: i. Σωστό, ii. Σωστό, iii. Λάθος, iv. Λάθος

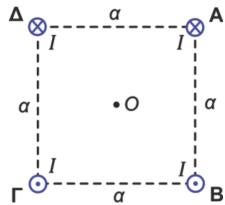
2. Να σχεδιάσετε την ένταση \vec{B} του μαγνητικού πεδίου στις ακόλουθες περιπτώσεις:



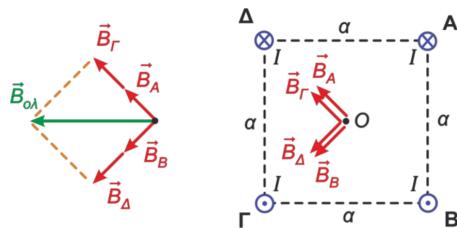
Λύση:



3. Το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου του κάθε αγωγού στο σημείο O είναι $|\vec{B}|$, να υπολογίσετε το μέτρο και τη φορά του συνολικού μαγνητικού πεδίου στο σημείο O.

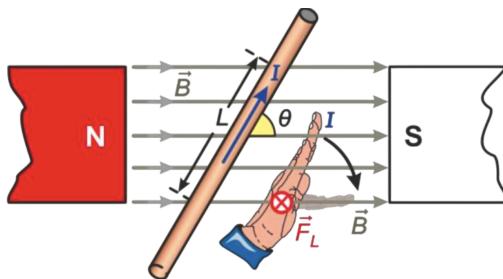


Λύση:



$$|\vec{B}_{o\lambda}| = \sqrt{(2|\vec{B}|)^2 + (2|\vec{B}|)^2} = 2\sqrt{2}|\vec{B}|$$

4. Ένας λεπτός κυλινδρικός αγωγός διαρρέεται από ρεύμα έντασης 30 A. Ένα τμήμα του αγωγού μήκους $L = 12,0$ cm βρίσκεται μεταξύ των πόλων ενός μαγνήτη με μέτρο έντασης μαγνητικού πεδίου $|\vec{B}| = 0,90$ T. Αν ο αγωγός σχηματίζει γωνία $\theta = 60^\circ$ με τις μαγνητικές δυναμικές γραμμές, να υπολογίσετε το μέτρο και την κατεύθυνση της δύναμης Laplace, που ασκείται στον αγωγό. (Δύναμη Laplace)



Λύση:

$$F = BIL \sin \theta = (0.90 \text{ T})(30 \text{ A})(0.12 \text{ m}) \sin 60^\circ = 2.8 \text{ N}$$

5. Ένας ευθύγραμμος ρευματοφόρος αγωγός, βρίσκεται εντός ομογενούς μαγνητικού πεδίου \vec{B} και διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα έντασης I . Ποιο ή ποια από τα επόμενα είναι ορθά:

- Αν ο άξονας του αγωγού είναι παράλληλος με τις μαγνητικές δυναμικές γραμμές του πεδίου η μαγνητική δύναμη είναι μηδενική.
- Αν αντιστραφεί η φορά του μαγνητικού πεδίου αντιστρέφεται και η φορά της δύναμης.
- Αν αυξηθεί το μέτρο του μαγνητικού πεδίου, το μέτρο της δύναμης που ασκείται στον αγωγό μειώνεται.
- Ένας ευθύγραμμος ρευματοφόρος αγωγός δέχεται δύναμη από το μαγνητικό πεδίο ενός μόνιμου μαγνήτη, και εκτρέπεται. Ο αγωγός ασκεί και αυτός δύναμη στον μαγνήτη.

Λύση: i. Σωστό, ii. Σωστό, iii. Λάθος, iv. Σωστό

6. Ευθύγραμμος αγωγός μήκους $0,25\text{ m}$ διαρρέεται από ρεύμα έντασης $I = 5\text{ A}$. Ο αγωγός βρίσκεται κάθετα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης $B = 0,40\text{ T}$. Να υπολογίσετε τη δύναμη Laplace που δέχεται.

Λύση:

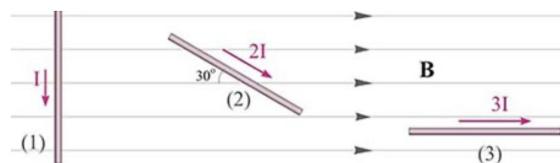
$$F = B \cdot I \cdot L \cdot \sin(90^\circ) = (0.40\text{ T})(5\text{ A})(0.25\text{ m}) = 0.50\text{ N}.$$

7. Αγωγός μήκους $L = 0,30\text{ m}$ διαρρέεται από ρεύμα $I = 10\text{ A}$. Αν η δύναμη Laplace που ασκείται σε αυτόν είναι $F = 1,5\text{ N}$ όταν ο αγωγός σχηματίζει γωνία $\theta = 60^\circ$ με το πεδίο, να βρείτε το μέτρο του μαγνητικού πεδίου B .

Λύση:

$$B = \frac{F}{IL \sin \theta} = \frac{1.5}{10 \cdot 0.30 \cdot \sin 60^\circ} = \frac{1.5}{3 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}} = \frac{1.0}{\sqrt{3}} = 0.6\text{ T}.$$

8. Οι αγωγοί του σχήματος, έχουν ίδιο μήκος ℓ και βρίσκονται σε ομογενές μαγνητικό πεδίο του οποίου η ένταση έχει μέτρο B . Να επαληθεύσετε ότι η σχέση που συνδέει τα μέτρα των δυνάμεων Laplace που ασκούνται στους αγωγούς είναι η $F_1 = F_2$ και $F_3 = 0$.



Λύση:

Η δύναμη Laplace στην περίπτωση (1):

$$F_1 = BI\ell$$

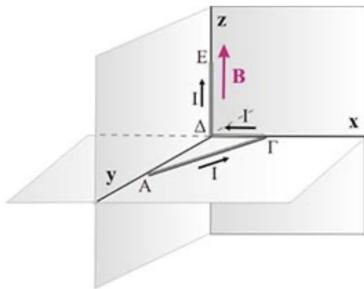
Η δύναμη Laplace στην περίπτωση (2) δίνεται από τη σχέση

$$F_2 = B \cdot 2I \cdot \ell \cdot \sin 30^\circ = B \cdot 2I \cdot \ell \cdot \frac{1}{2} \implies F_2 = BI\ell$$

Η δύναμη Laplace στην περίπτωση (3) δίνεται από τη σχέση

$$F_3 = B \cdot 3I \cdot \ell \cdot \sin 0^\circ = 0$$

9. Ο αγωγός ΑΓΔΕ του σχήματος διαρρέεται από ρεύμα έντασης I. Στο χώρο υπάρχει κατακόρυφο μαγνητικό πεδίο έντασης B, παράλληλο στον άξονα των z. Ποια η σχέση που συνδέει τα μέτρα των μαγνητικών δυνάμεων που ασκούνται στα τρία τμήματα;



Λύση:

Το τμήμα ΔΕ του αγωγού δε δέχεται δύναμη από το μαγνητικό πεδίο, γιατί το ΔΕ είναι παράλληλο στις δυναμικές γραμμές του πεδίου.

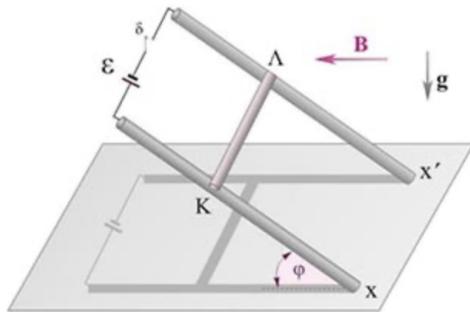
$$F_{DE} = 0 \quad (\Delta E: \text{παράλληλο στις δυναμικές γραμμές})$$

$$F_{AG} = BI \cdot (AG) \quad \text{και} \quad F_{GD} = BI \cdot (GD), \text{ αντίστοιχα.}$$

Όμως, $(AG) > (GD)$, αφού η AG είναι υποτείνουσα του τριγώνου AGD, άρα ισχύει $F_{AG} > F_{GD}$.

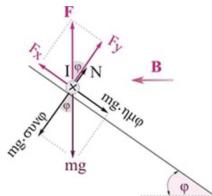
Επομένως η σωστή σχέση για τα μέτρα των δυνάμεων είναι: $F_{AG} > F_{GD} > F_{DE}$.

10. Στο σχήμα απεικονίζεται ένας ευθύγραμμος ρευματοφόρος αγωγός μάζας m και μήκους ℓ , ο οποίος μπορεί να ολισθαίνει κατά μήκος δύο λείων, πλάγιων μεταλλικών οδηγών. Οι οδηγοί σχηματίζουν με το οριζόντιο επίπεδο γωνία φ . Στον χώρο υπάρχει οριζόντιο μαγνητικό πεδίο έντασης B με φορά προς τα αριστερά. Να βρεθεί η σχέση που πρέπει να ικανοποιείται, ώστε ο αγωγός, όταν διαρρέεται από ρεύμα έντασης I , να ισορροπεί.

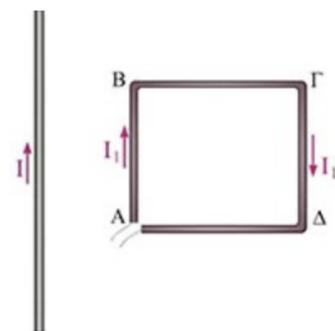


Λύση:

$$\sum F_x = 0 \Rightarrow mg\eta\mu\varphi - BI\ell\eta\mu\varphi = 0 \Rightarrow mg = BI\ell$$

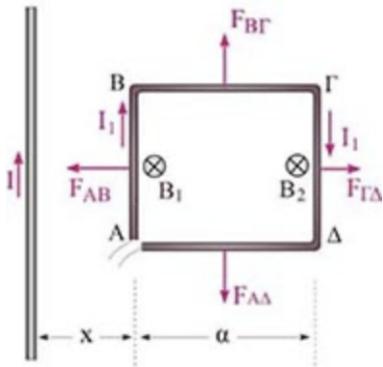


11. Ο ευθύγραμμος αγωγός του σχήματος διαρρέεται από ρεύμα έντασης I . Το ακίνητο ορθογώνιο πλαίσιο ΑΒΓΔ βρίσκεται στο ίδιο επίπεδο και διαρρέεται από ρεύμα έντασης $I = 1$. Λόγω του ευθύγραμμου ρευματοφόρου αγωγού, θα δέχεται το πλαίσιο κάποια δύναμη και, αν ναι, αυτή θα είναι απωστική ή ελεκτική;



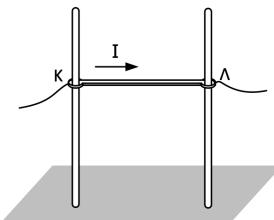
Λύση:

Όλα τα τμήματα του πλαισίου δέχονται δυνάμεις Laplace των οποίων οι φορές δείχνονται στο σχήμα.



Επειδή $B_1 > B_2$ (το μαγνητικό πεδίο του ευθύγραφου αγωγού είναι ισχυρότερο πιο κοντά στον αγωγό), $F_{AB} > F_{GD}$ με αποτέλεσμα το πλαίσιο να έλκεται από τον ευθύγραφο αγωγό.

12. Ένας ευθύγραφος αγωγός ΚΛ, μήκους $\ell = 0,1 \text{ m}$ και μάζας $m = 0,01 \text{ kg}$, είναι συνεχώς κάθετος σε δύο κατακόρυφες μονωτικές ράβδους, πάνω στις οποίες μπορεί να ολισθαίνει χωρίς τριβές. Η όλη διάταξη βρίσκεται μέσα σε οριζόντιο ομογενές μαγνητικό πεδίο, κάθετο στο επίπεδο που ορίζουν οι δύο ράβδοι. Ο αγωγός διαρρέεται από ρεύμα έντασης $I = 5 \text{ A}$ και ισορροπεί, όπως φαίνεται στο σχήμα.



i. Να υπολογίσετε το μέτρο της μαγνητικής επαγωγής του μαγνητικού πεδίου και να προσδιορίσετε τη φορά της.

ii. Να προτείνετε δύο αλλαγές, η καθεμία από τις οποίες θα είχε ως αποτέλεσμα την κίνηση του συγκεκριμένου αγωγού προς τα πάνω.

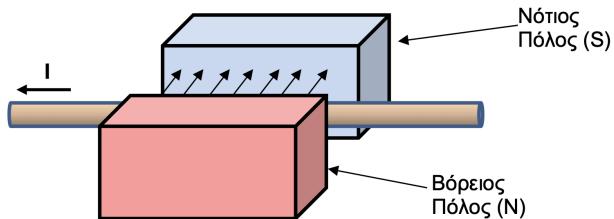
Λύση:

i.

$$mg = BIl \implies B = \frac{mg}{Il} = \frac{0,01 \cdot 9,81}{5 \cdot 0,1} = 196,2 \cdot 10^{-3} \text{ T} = 0,2 \text{ T}, \otimes$$

ii. Αύξηση B, Αύξηση I, ελάττωση του g

13. Στο σχήμα φαίνεται ένας οριζόντιος ρευματοφόρος αγωγός ο οποίος βρίσκεται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο. Ο αγωγός είναι κάθετος στο μαγνητικό πεδίο.



- Να επιλέξετε, από τις πιο κάτω, την ορθή κατεύθυνση της δύναμης Laplace που ασκείται στον αγωγό.
 - Από τον βόρειο πόλο προς το νότιο.
 - Από τον νότιο πόλο προς το βόρειο.
 - Κατακόρυφα προς τα κάτω
 - Κατακόρυφα προς τα πάνω.
- Το μήκος του αγωγού που βρίσκεται μέσα στο μαγνητικό πεδίο είναι 0,1 m. Ο αγωγός διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα έντασης 5 A. Η μαγνητική επαγωγή του πεδίου είναι 1 mT. Να υπολογίσετε το μέτρο της δύναμης Laplace.
- Η φορά του ηλεκτρικού ρεύματος αντιστρέφεται και η τιμή της έντασής του διπλασιάζεται. Να εξηγήσετε πώς θα μεταβληθεί η δύναμη Laplace (μέτρο και κατεύθυνση).

Λύση:

- Κατακόρυφα προς τα κάτω (c)

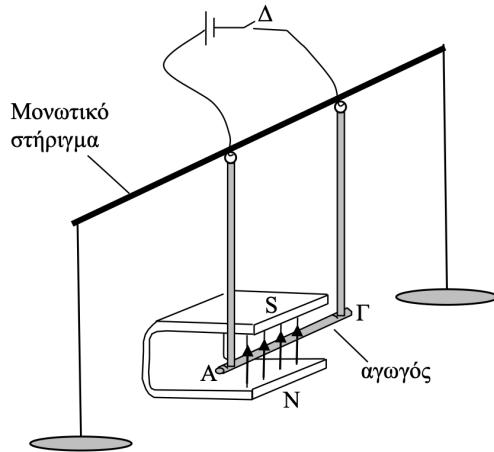
ii.

$$F = BIl \implies F = (0,001 \text{ T})(5 \text{ A})(0,1 \text{ m})$$

$$F = 5 \times 10^{-4} \text{ N.}$$

- Αντιστρέφεται η φορά και διπλασιάζεται το μέτρο της δύναμης Laplace.

14. Μια ομάδα μαθητών έχει τοποθετήσει έναν ευθύγραμμο μεταλλικό αγωγό ΑΓ κάθετα στις μαγνητικές δυναμικές γραμμές του ομογενούς μαγνητικού πεδίου ενός πεταλοειδούς μαγνήτη, όπως δείχνει το πιο κάτω σχήμα.

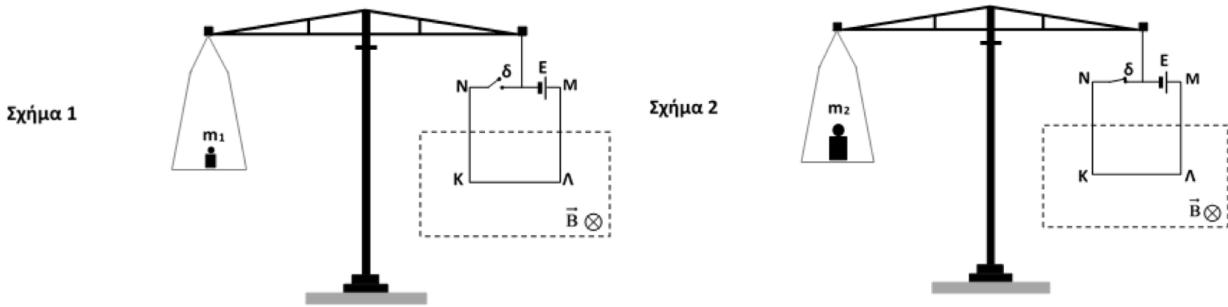


Όταν οι μαθητές κλείσουν τον διακόπτη Δ στο κύκλωμα, στον αγωγό ΑΓ ασκείται δύναμη Laplace. Να γράψετε ποιες από τις προτάσεις που ακολουθούν είναι σωστές και ποιες λανθασμένες.

- Η δύναμη Laplace, που ασκείται στον αγωγό ΑΓ , θα διπλασιαστεί αν διπλασιαστεί η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος που τον διαρρέει.
- Η δύναμη Laplace, που ασκείται στον αγωγό ΑΓ , θα αυξηθεί αν τοποθετηθεί μέσα σε πιο ισχυρό μαγνητικό πεδίο.
- Η δύναμη Laplace, που ασκείται στον αγωγό ΑΓ , θα αλλάξει φορά αν αλλάξει φορά η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος που τον διαρρέει.
- Η δύναμη Laplace, που ασκείται στον αγωγό ΑΓ , θα αυξηθεί αν αυξηθεί το μήκος του αγωγού που βρίσκεται μέσα στο μαγνητικό πεδίο.
- Η δύναμη Laplace, που ασκείται στον αγωγό ΑΓ , θα αλλάξει φορά αν αντιστραφεί η φορά του μαγνητικού πεδίου.

Λύση: i. Σωστή, ii. Σωστή, iii. Σωστή, iv. Σωστή, v. Σωστή

15. Στο σχήμα 1 φαίνεται ένας ζυγός που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μέτρηση της έντασης μαγνητικών πεδίων. Το κάτω μέρος του συρμάτινου βρόχου ΚΑΜΝ βρίσκεται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο. Όταν ο διακόπτης δ είναι ανοιχτός, ο ζυγός ισορροπεί όταν τοποθετήσουμε σ' αυτόν ένα βαρίδι μάζας $m_1 = 100 \text{ g}$, όπως φαίνεται στο σχήμα 1. Όταν ο διακόπτης δ κλείσει, το μαγνητικό πεδίο ασκεί δύναμη στα τυμήματα του βρόχου που βρίσκονται εντός του πεδίου, και για να πετύχουμε πάλι ισορροπία του ζυγού πρέπει να τοποθετήσουμε σ' αυτόν ένα βαρίδι μάζας $m_2 = 118 \text{ g}$, όπως φαίνεται στο σχήμα 2.



- Να εξηγήσετε το λόγο για τον οποίο για να πετύχουμε ισορροπία του ζυγού, όταν ο διακόπτης δ είναι κλειστός, πρέπει να τοποθετήσουμε βαριδι μεγαλύτερης μάζας.
- Το τμήμα ΚΛ του βρόχου έχει μήκος 10,0 cm, και η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος που τον διαρρέει, όταν ο διακόπτης είναι κλειστός είναι 2,5 A. Να υπολογίσετε το μέτρο της έντασης \vec{B} του μαγνητικού πεδίου.

Λύση:

- Ο βρόχος διαφέρεται από ηλεκτρικό ρεύμα με αποτέλεσμα το τμήμα του που βρίσκεται μέσα στο μαγνητικό πεδίο να δέχεται δύναμη Laplace.

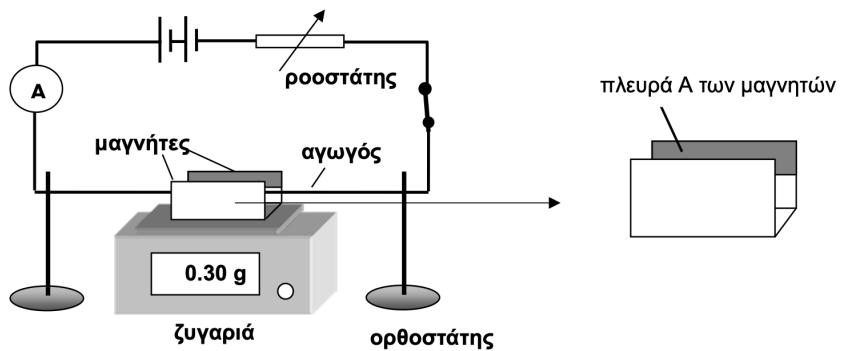
Η συνισταμένη δύναμη Laplace που δέχεται ο βρόχος ασκείται στο τμήμα ΚΛ του βρόχου είναι κατακόρυφη με φορά προς κάτω.

Επομένως, το βάρος του βαριδίου που τοποθετούμε στο ζυγό θα πρέπει να εξισορροπήσει, εκτός από το βάρος του βρόχου, και τη δύναμη Laplace που ασκείται σ' αυτόν.

ii.

$$\begin{aligned} |\vec{F}_L| &= \Delta m \cdot g = (m_2 - m_1)g \\ |\vec{B}| I\ell &= (m_2 - m_1)g \iff |\vec{B}| = \frac{(m_2 - m_1)g}{I\ell} \\ |\vec{B}| &= \frac{(18 \times 10^{-3} \text{ kg}) \times (9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})}{(2.5 \text{ A}) \times (10.0 \times 10^{-2} \text{ m})} = 0.71 \text{ T} \end{aligned}$$

- Μια ομάδα μαθητών ήθελε να καθορίσει πειραματικά την ένταση του ομογενούς μαγνητικού πεδίου που δημιουργείται από μια διάταξη μαγνητών. Στο πείραμά τους τοποθέτησαν έναν ευθύγραμμο οριζόντιο αγωγό ανάμεσα στους αντίθετους πόλους των μαγνητών όπως φαίνεται στο πιο κάτω σχήμα. Το μήκος του τμήματος του αγωγού που βρισκόταν κάθετα μέσα στο μαγνητικό πεδίο ήταν 20,0 cm και διαφρεόταν από ρεύμα το οποίο ρυθμιζόταν από ροοστάτη. Η ένδειξη της ζυγαριάς μηδενίζεται όταν ο αγωγός δεν διαφέρεται από ρεύμα.



- Όταν ο αγωγός διαρρέεται από ρεύμα ασκείται μια δύναμη στη διάταξη των μαγνητών, κατακόρυφα προς τα κάτω, το μέτρο της οποίας υπολογίζεται από τις τιμές που κατέγραψε η ψηφιακή ζυγαριά ακριβείας. Να καθορίσετε την πολικότητα των μαγνητών στην πλευρά A της διάταξης (σχήμα διάταξης μαγνητών σε μεγέθυνση). Να εξηγήσετε την επιλογή σας.
- Τα πειραματικά αποτελέσματα των μαθητών φαίνονται στον πιο κάτω πίνακα. Να συμπληρώσετε τις τιμές που λείπουν, εκφρασμένες με τον σωστό αριθμό σημαντικών ψηφίων.

| Ένταση ρεύματος (A) | Ένδειξη Ζυγαριάς (g) | Δύναμη (N) |
|------------------------|-------------------------|-----------------------|
| 0,00 | 0,00 | 0,0 |
| 0,94 | 0,31 | |
| 1,81 | 0,70 | $6,9 \times 10^{-3}$ |
| 2,67 | 0,90 | |
| 3,66 | 1,30 | $1,27 \times 10^{-2}$ |

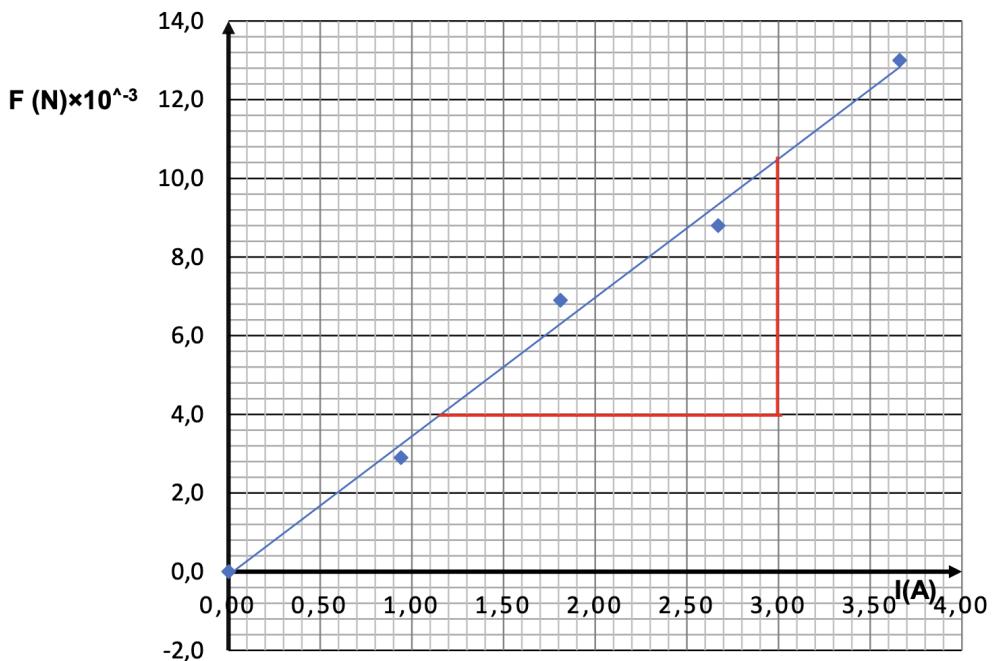
- Χρησιμοποιώντας τα δεδομένα του πίνακα να σχεδιάσετε την γραφική παράσταση του μέτρου της δύναμης που ασκείται στον αγωγό σε σχέση με την ένταση του ρεύματος που τον διαρρέει, στο τετραγωνισμένο χαρτί.
- Να υπολογίσετε την κλίση της γραφικής παράστασης και χρησιμοποιώντας την, να καθορίσετε την πειραματική τιμή της έντασης του μαγνητικού πεδίου.

Λύση:

- Η πολικότητα του A είναι νότιος πόλος. Επειδή ασκείται δύναμη προς τα κάτω στη διάταξη των μαγνητών, με βάση τον νόμο δράσης – αντίδρασης, στον αγωγό ασκείται δύναμη Laplace προς τα άνω. Με βάση τον κανόνα του δεξιού χεριού στην πλευρά A έχουμε νότιο πόλο.
- $m = \frac{0,31}{1000} = 0,00031 \text{ kg} \implies F = 0,00031 \cdot 9,81 \approx 3,0 \times 10^{-3} \text{ N}$
 $m = \frac{0,90}{1000} = 0,00090 \text{ kg} \implies F = 0,00090 \cdot 9,81 \approx 8,8 \times 10^{-3} \text{ N}$

| Ένταση ρεύματος (A) | Ένδειξη Ζυγαριάς (g) | Δύναμη (N) |
|------------------------|-------------------------|-----------------------|
| 0,00 | 0,00 | 0,0 |
| 0,94 | 0,31 | $3,0 \times 10^{-3}$ |
| 1,81 | 0,70 | $6,9 \times 10^{-3}$ |
| 2,67 | 0,90 | $8,8 \times 10^{-3}$ |
| 3,66 | 1,30 | $1,27 \times 10^{-2}$ |

iii.

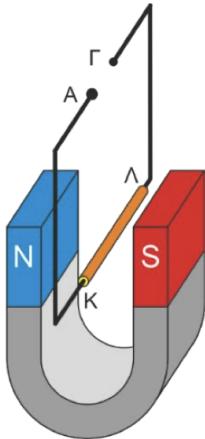


iv.

$$\text{Κλίση} = \frac{\Delta F}{\Delta I} = \frac{6,43 \times 10^{-2} \text{ N}}{1,8 \text{ A}} = 3,6 \times 10^{-3} \frac{\text{N}}{\text{A}} \quad (\text{ενδεικτική τιμή})$$

$$\begin{aligned} |\vec{F}| &= |\vec{B}| I L \Rightarrow \text{κλίση} = |\vec{B}| L \\ \Rightarrow |\vec{B}| &= \frac{\text{κλίση}}{L} = \frac{3,6 \times 10^{-3} \frac{\text{N}}{\text{A}}}{0,20 \text{ m}} = 0,018 \text{ T} \end{aligned}$$

17. Ευθύγραμμος αγωγός ΚΛ μήκους 0,10 m και μάζας 0,01 kg, αναρτάται οριζόντια από δύο αγωγούς ΑΚ και ΓΛ, όπως φαίνεται στο σχήμα που ακολουθεί. Τα σημεία Α και Γ συνδέονται με πηγή συνεχούς ρεύματος. Ο αγωγός ΚΛ τοποθετείται, ολόχληρος, στον χώρο μεταξύ των πόλων πεταλοειδούς μαγνήτη καθίεται στις δυναμικές γραμμές του μαγνητικού του πεδίου. Το μαγνητικό πεδίο μεταξύ των πόλων του μαγνήτη θεωρείται ομογενές με ένταση $|\vec{B}| = 0,3 \text{ T}$.



- Να εξηγήσετε ποιος από τους δύο πόλους Α και Γ της πηγής πρέπει να είναι ο θετικός και ποιος ο αρνητικός, ώστε η δύναμη Laplace στον αγωγό ΚΛ να είναι αντίρροπη του βάρους του.
- Να υπολογίσετε την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος που πρέπει να διαφρέει τον αγωγό ΚΛ ώστε να παραμένει ακίνητος

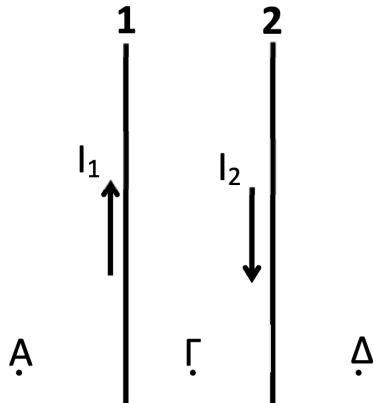
Λύση:

- Η δύναμη Laplace στον αγωγό ΚΛ ως πρέπει να είναι αντίρροπη του βάρους του αγωγού όρα να έχει φορά προς τα πάνω. Άρα ως πρέπει $\Gamma(+)$ και $A(-)$

ii.

$$\begin{aligned} \Sigma \vec{F} &= 0 \Rightarrow |\vec{F}_L| = mg \\ \Rightarrow |\vec{B}| IL &= mg \Rightarrow I = \frac{mg}{|\vec{B}| L} \\ I &= \frac{(0,01 \text{ kg}) \cdot (9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})}{(0,3 \text{ T}) \cdot (0,10 \text{ m})} \\ &\Rightarrow I = 3,27 \text{ A} \end{aligned}$$

18. Στο σχήμα φαίνονται δύο παράλληλοι ρευματοφόροι αγωγοί 1 και 2, οι οποίοι διαφέρουνται από αντίρροπα ρεύματα έντασης I_1 και I_2 αντίστοιχα, με $I_1 < I_2$. Να θεωρήσετε τρία σημεία A, Γ και Δ τα οποία βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο με τους αγωγούς.



- Να σχεδιάσετε στα σημεία A, Γ και Δ τις εντάσεις \vec{B}_1 και \vec{B}_2 των αγωγών 1 και 2 αντίστοιχα.
- Να εξηγήσετε σε ποιο ή ποια από τα σημεία A, Γ, Δ είναι δυνατόν η συνολική ένταση του μαγνητικού πεδίου να είναι μηδέν.

Λύση:

i.

$$\begin{aligned} \mathbf{A} : \quad & \vec{B}_1 \odot, \vec{B}_2 \otimes \\ \mathbf{\Gamma} : \quad & \vec{B}_1 \otimes, \vec{B}_2 \otimes \\ \mathbf{\Delta} : \quad & \vec{B}_1 \otimes, \vec{B}_2 \odot \end{aligned}$$

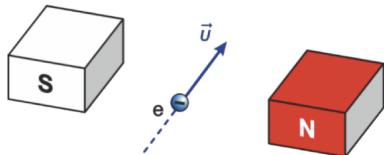
ii. Αυτό είναι δυνατόν να συμβεί στο σημείο A. Καθώς, βρίσκεται πλησιέστερα στον αγωγό 1, ο οποίος διαφέρεται από ρεύμα μικρότερης έντασης και μακρύτερα από τον αγωγό 2, ο οποίος διαφέρεται από ρεύμα μεγαλύτερης, διότι η ένταση του μαγνητικού πεδίου φύνει με την απόσταση από τον αγωγό και μπορεί στο σημείο A τα μέτρα των δύο εντάσεων να εξισωθούν.

19. Να υπολογίσετε την ακτίνα της κυκλικής τροχιάς που ακολουθεί το ηλεκτρικό φορτίο q , μάζας m , που εισέρχεται κάθετα σε μαγνητικό πεδίο έντασης \vec{B} με ταχύτητα \vec{v} .

Λύση: Χρησιμοποιώντας τη γνωστή σχέση για το μέτρο της κεντρομόλου δύναμης,

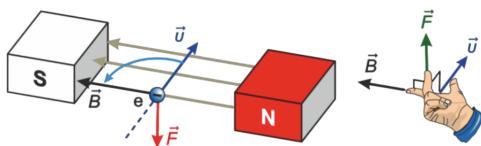
$$|\vec{F}_L| = |\vec{F}_\kappa| \Rightarrow |q||\vec{v}||\vec{B}| = \frac{m|\vec{v}|^2}{r} \Rightarrow r = \frac{m|\vec{v}|}{|q||\vec{B}|}$$

20. Ένα ηλεκτρόνιο εισέρχεται με μέτρο ταχύτητας 3.2×10^5 m/s, κάθετα στις δυναμικές γραμμές ενός ομογενούς μαγνητικού πεδίου έντασης 2.2×10^{-1} T, όπως φαίνεται παρακάτω. Να υπολογίσετε τη μαγνητική δύναμη Lorentz που ασκείται στο ηλεκτρόνιο.



Λύση:

$$|\vec{F}| = |q||\vec{v}||\vec{B}| = (1,602 \times 10^{-19} \text{ C}) \times (3,2 \times 10^5 \frac{\text{m}}{\text{s}}) \times (2,2 \times 10^{-1} \text{ T}) = 1,13 \times 10^{-14} \text{ N}$$



21. Να απαντήσετε Σωστό / Λάθος για τις ακόλουθες προτάσεις.

- Ένα σημειακό ηλεκτρικό φορτίο, βρίσκεται ακίνητο κοντά σε ένα ρευματοφόρο αγωγό. Στο φορτίο, ασκείται μαγνητική δύναμη από τον αγωγό.
- Ένα ηλεκτρικό φορτίο κινείται κάθετα μέσα σε μαγνητικό πεδίο έντασης $|\vec{B}|$. Το μέτρο της μαγνητικής δύναμης που ασκείται στο φορτίο εξαρτάται από το μέγεθος του ηλεκτρικού φορτίου.
- Ένα ηλεκτρικό φορτίο κινείται κάθετα μέσα σε μαγνητικό πεδίο έντασης $|\vec{B}|$. Το μέτρο της μαγνητικής δύναμης που ασκείται στο φορτίο εξαρτάται από το είδος του ηλεκτρικού φορτίου.
- Ένα ηλεκτρικό φορτίο κινείται κάθετα μέσα σε μαγνητικό πεδίο έντασης $|\vec{B}|$. Το μέτρο της μαγνητικής δύναμης που ασκείται στο φορτίο εξαρτάται από το μέτρο της ταχύτητας του ηλεκτρικού φορτίου.
- Ένα ηλεκτρικό φορτίο κινείται κάθετα μέσα σε μαγνητικό πεδίο έντασης $|\vec{B}|$. Το μέτρο της μαγνητικής δύναμης που ασκείται στο φορτίο εξαρτάται από το μέτρο της ταχύτητας του ηλεκτρικού φορτίου.

Λύση: i. Λάθος, ii. Σωστό, iii. Λάθος, iv. Σωστό, v. Σωστό

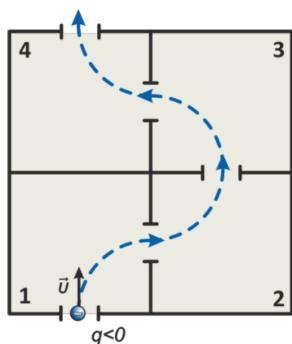
$$|\vec{F}| = |q| \cdot |\vec{v}| \cdot |\vec{B}| \cdot \eta\mu(\theta)$$

22. Ένα ηλεκτρόνιο και ένα πρωτόνιο εισέρχονται με ίσες ταχύτητες κάθετα στη διεύθυνση ενός μαγνητικού πεδίου. Να επιλέξετε τις σωστές προτάσεις.

- Οι μαγνητικές δυνάμεις στα δύο σωματίδια είναι ίσες.
- Οι μαγνητικές δυνάμεις στα δύο σωματίδια είναι αντίθετες.
- Η μαγνητική δύναμη που ασκείται στα δύο σωματίδια έχει ίδιο μέτρο.
- Η μαγνητική δύναμη που ασκείται στο ηλεκτρόνιο έχει μεγαλύτερο μέτρο από την αντίστοιχη δύναμη που ασκείται στο πρωτόνιο.

Λύση: ii, iii

23. Στην εικόνα φαίνεται η κάτοψη μιας διάταξης τεσσάρων συνδεόμενων θαλάμων. Ένα αρνητικά φορτισμένο σωματίδιο εκτοξεύεται στο θάλαμο 1 στη κατεύθυνση που δείχνει το σχήμα. Να προσδιορίσετε την κατεύθυνση του ομογενούς μαγνητικού πεδίου στον κάθε θάλαμο ώστε το σωματίδιο να εξέλθει από τον θάλαμο 4.



Λύση:

$$1 \rightarrow \otimes, \quad 2 \rightarrow \odot, \quad 3 \rightarrow \odot, \quad 4 \rightarrow \otimes,$$

24. Η μαγνητική δύναμη που δέχεται ένα αρνητικό φορτίο μέσα σε μαγνητικό πεδίο είναι αντίθετη της δύναμης που δέχεται ένα ίδιο θετικό φορτίο. Να εξηγήσετε, γιατί η μαγνητική δύναμη που ασκείται σε ένα ρευματοφόρο αγωγό μέσα σε μαγνητικό πεδίο, έχει την ίδια κατεύθυνση είτε θεωρήσουμε την κίνηση των θετικών φορτίων (συμβατική φορά ρεύματος) ή την κίνηση των ηλεκτρονίων.

Λύση:

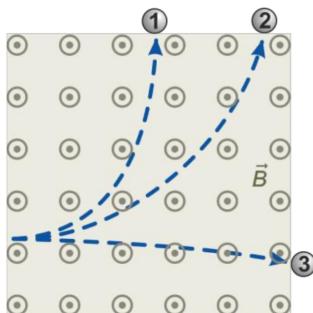
Επειδή η κίνηση των θετικών φορτίων προς τη μία κατεύθυνση είναι ισοδύναμη με την κίνηση των αρνητικών φορτίων προς την αντίθετη κατεύθυνση, η μαγνητική δύναμη που ασκείται σε ρευματοφόρο αγωγό είναι η ίδια είτε με την συμβατική φορά με την πραγματική φορά του ρεύματος.

25. Ποιες από τις πιο κάτω προτάσεις για τη δύναμη που ασκείται σε φορτισμένο σωματίδιο, το οποίο βρίσκεται μέσα σε μαγνητικό πεδίο είναι ορθές;

- Η μαγνητική δύναμη ασκείται μόνον όταν το σωματίδιο κινείται σε διεύθυνση διαφορετική από αυτήν του μαγνητικού πεδίου.
- Η δύναμη γίνεται μέγιστη, όταν το σωματίδιο κινείται προς την κατεύθυνση του μαγνητικού πεδίου.
- Η μαγνητική δύναμη αυξάνει την κινητική ενέργεια του σωματιδίου.
- Η διεύθυνση της δύναμης είναι ίδια με τη διεύθυνση του μαγνητικού πεδίου.
- Το μαγνητικό πεδίο ασκεί πάντοτε δύναμη σε ένα φορτισμένο σωματίδιο.

Λύση: i. Σωστό, ii. Λάθος, iii. Λάθος, iv. Λάθος, v. Λάθος

26. Τρία σωματίδια ίδιας μάζας κινούνται με ταχύτητες ίδιου μέτρου, κάθετα με τις μαγνητικές δυναμικές γραμμές ενός ομογενούς μαγνητικού πεδίου, σε τροχιές που είναι τμήματα κύκλων, όπως φαίνεται στην εικόνα. Τα σωματίδια έχουν την ίδια μάζα.



- Με βάση τον κανόνα της δεξιάς παλάμης να προσδιορίσετε το πρόσημο του φορτίου του κάθε σωματιδίου.
- Να κατατάξετε τα σωματίδια σύμφωνα με την τιμή του φορτίου τους, από το μεγαλύτερο στο μικρότερο.
- Αν τα σωματίδια 1 και 2 είχαν το ίδιο φορτίο αλλά διαφορετική τωρα μάζα, ποιο από τα δύο έχει τη μεγαλύτερη μάζα;

Λύση:

- Τα φορτία των σωματιδίων 1 και 2 είναι αρνητικά και του σωματιδίου 3 θετικό.
- 1,2,3

Επειδή η ακτίνα της κυκλικής τροχιάς είναι αντιστρόφως ανάλογη του φορτίου του σωματιδίου, σύμφωνα με τη σχέση

$$r = \frac{m|\vec{v}|}{|q||\vec{B}|}$$

όσο μεγαλύτερο είναι το φορτίο, τόσο μικρότερη θα είναι η ακτίνα της τροχιάς συνεπώς, μεγαλύτερο φορτίο θα έχει το σωματίδιο 1 και μικρότερο το σωματίδιο 3.

iii. Αν τα σωματίδια 1 και 2 είχαν το ίδιο φορτίο τότε, επειδή η ακτίνα είναι ανάλογη της μάζας, το σωματίδιο 2 θα είχε μεγαλύτερη μάζα.

27. Να βρείτε την περίοδο της κυκλικής τροχιάς που ακολουθεί φορτισμένο σωματίδιο μάζας m και φορτίου q , το οποίο κινείται κάθετα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης \vec{B} .

Λύση: Η μαγνητική δύναμη παίζει τον ρόλο της κεντρομόλου:

$$|q||\vec{v}||\vec{B}| = \frac{m|\vec{v}|^2}{r} \Rightarrow r = \frac{m|\vec{v}|}{|q||\vec{B}|}.$$

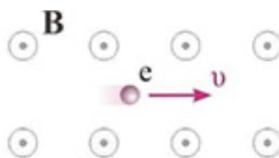
Η γωνιακή ταχύτητα είναι

$$\omega = \frac{|\vec{v}|}{r} = \frac{|q||\vec{B}|}{m}.$$

Άρα η περίοδος της κυκλικής κίνησης δίνεται από:

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi m}{|q||\vec{B}|}.$$

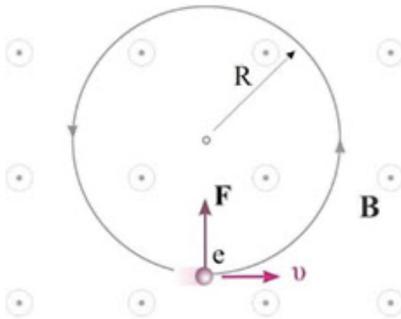
28. Δέσμη ηλεκτρονίων εκτοξεύεται με ταχύτητα μέτρου $v = 5 \cdot 10^7 \text{ m/s}$ κάθετα στις δυναμικές γραμμές ομογενούς μαγνητικού πεδίου έντασης $B = 1,5 \cdot 10^{-2} \text{ T}$ όπως δείχνεται στο σχήμα. Δίνεται: $m_e = 9 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$, $|q_e| = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.



i. Να σχεδιαστεί η μαγνητική δύναμη που ασκείται στα ηλεκτρόνια της δέσμης και να υπολογιστεί το μέτρο της.

ii. Να σχεδιαστεί η κυκλική τροχιά και να βρεθεί η ακτίνα της.

iii. Να βρεθεί το ελάχιστο χρονικό διάστημα για να ξαναπεράσει ένα ηλεκτρόνιο της δέσμης από το σημείο εκτόξευσης.



Λύση:

i. Το μέτρο της δύναμης Lorentz είναι:

$$F_L = B|q|v = (1,5 \cdot 10^{-2} T) \cdot (1,6 \cdot 10^{-19} C) \cdot (5 \cdot 10^7 \text{ m/s}) = F_L = 12 \cdot 10^{-14} N$$

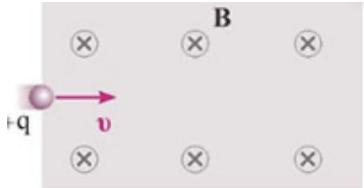
ii. Επειδή η μαγνητική δύναμη παίζει το ρόλο της κεντρομόλου, το κέντρο της κυκλικής τροχιάς θα βρίσκεται πάνω στον φορέα της μαγνητικής δύναμης. Η ακτίνα της τροχιάς είναι:

$$R = \frac{mv}{B|q|} = \frac{(9 \cdot 10^{-31} \text{ kg}) \cdot (5 \cdot 10^7 \text{ m/s})}{(1,5 \cdot 10^{-2} \text{ T}) \cdot (1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C})} \Rightarrow R = 18,75 \cdot 10^{-3} \text{ m} \Rightarrow R = 18,75 \text{ mm}$$

iii. Το ελάχιστο χρονικό διάστημα συμπίπτει με την περίοδο της κυκλικής τροχιάς. Αυτό είναι

$$T = \frac{2\pi m}{B|q|} = \frac{2\pi (9 \cdot 10^{-31} \text{ kg})}{(1,5 \cdot 10^{-2} \text{ T}) \cdot (1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C})} \Rightarrow T = 7,5\pi \cdot 10^{-10} \text{ s}$$

29. Ένα πρωτόνιο εισέρχεται με ταχύτητα μέτρου $u = 5 \cdot 10^4 \text{ m/s}$ κάθετα στις δυναμικές γραμμές ομογενούς μαγνητικού πεδίου έντασης, όπως δείχνεται στο σχήμα.



i. Να σχεδιαστεί η τροχιά του και να υπολογισθεί η ακτίνα της.

ii. Να βρεθεί μετά από πόσο χρονικό διάστημα το πρωτόνιο θα εξέλθει από το μαγνητικό πεδίο.

iii. Να βρεθεί η μεταβολή της κινητικής ενέργειας του πρωτονίου κατά τη διάρκεια της κίνησής του μέσα στο μαγνητικό πεδίο.

Λύση:

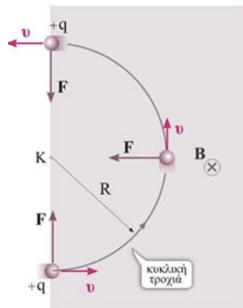
- i. Η τροχιά του πρωτονίου ωστε είναι ημικύκλιο. Η ακτίνας της ημικυκλικής τροχιάς είναι,

$$R = \frac{mv}{B|q|} = \frac{(1,6 \cdot 10^{-27} \text{ kg}) \cdot (5 \cdot 10^4 \text{ m/s})}{(2,5 \cdot 10^{-2} \text{ T}) \cdot (1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C})} \Rightarrow R = 2 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

- ii. Το πρωτόνιο ωστε εξέλθει μετά από χρονικό διάστημα μισής περιόδου.

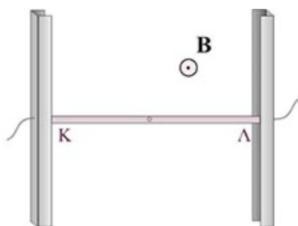
$$\Delta t = \frac{T}{2} = \frac{1}{2} \frac{2\pi m}{B|q|} = \frac{\pi (1,6 \cdot 10^{-27} \text{ kg})}{(2,5 \cdot 10^{-2} \text{ T}) \cdot (1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C})} \Rightarrow T = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ s}$$

- iii. Η δύναμη Lorentz είναι διαφορώς κάθετη στην μετατόπιση και δεν παράγει έργο. Άρα $\Delta K=0$.



- 30.** Ο ευθύγραμμος αγωγός, ΚΛ, του σχήματος έχει μήκος $\ell = 0,2 \text{ m}$, μάζα $m = 20 \text{ g}$ και μπορεί να μετακινείται χωρίς τριβές πάνω σε δύο καταχόρυφους οδηγούς. Το σύστημα βρίσκεται μέσα σε οριζόντιο μαγνητικό πεδίο έντασης $B = 4 \cdot 10^{-2} \text{ T}$ όπως στο σχήμα. Να υπολογιστεί η φορά και η τιμή του ρεύματος που πρέπει να διαρρέει τον αγωγό, ώστε αυτός να:

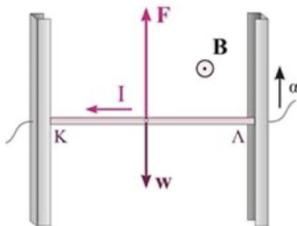
- i. ανεβαίνει με σταθερή ταχύτητα.
- ii. ανεβαίνει με σταθερή επιτάχυνση 4 m/s^2 .
- iii. κατεβαίνει με σταθερή επιτάχυνση 2 m/s^2 .



Λύση:

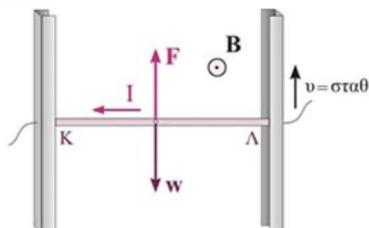
i. Για να ανεβαίνει (ή να κατεβαίνει) με σταθερή ταχύτητα πρέπει $\Sigma F = 0$. Για να συμβαίνει αυτό πρέπει η δύναμη Laplace να έχει φορά προς τα πάνω. Με εφαρμογή του κανόνα των τριών δακτύλων του δεξιού χεριού βρίσκεται ότι το ρεύμα πρέπει να έχει φορά από το Λ προς το Κ. Από τη συνθήκη ισορροπίας παίρνουμε

$$\begin{aligned}\Sigma F &= 0 \Rightarrow F - mg = 0 \Rightarrow BI\ell - mg = 0 \Rightarrow \\ I &= \frac{mg}{B\ell} = \frac{20 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot 10 \text{ m/s}^2}{4 \cdot 10^{-2} \text{ T} \cdot 0,2 \text{ m}} \Rightarrow I = 25 \text{ A}\end{aligned}$$



ii. Για να ανέρχεται επιταχυνόμενη η ράβδος πρέπει η δύναμη Laplace να έχει φορά προς τα πάνω, οπότε πάλι το ρεύμα πρέπει να έχει φορά από το Λ προς το Κ. Από το θεμελιώδη νόμο της μηχανικής, παίρνοντας θετική φορά προς τα πάνω έχουμε:

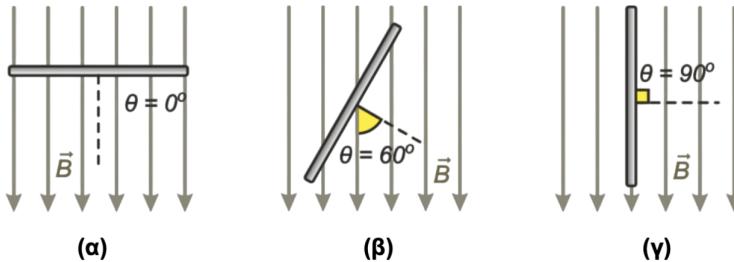
$$\begin{aligned}\Sigma F &= m\alpha \Rightarrow F - mg = m\alpha \Rightarrow BI\ell - mg = m\alpha \Rightarrow \\ I &= \frac{m(g + \alpha)}{B\ell} = \frac{20 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot (10 + 4) \text{ m/s}^2}{4 \cdot 10^{-2} \text{ T} \cdot 0,2 \text{ m}} \Rightarrow I = 35 \text{ A}\end{aligned}$$



iii. Για να κατέρχεται η ράβδος με επιτάχυνση μικρότερη της g, πρέπει η δύναμη Laplace να έχει φορά προς τα πάνω, οπότε πάλι το ρεύμα πρέπει να έχει φορά από το Λ προς το Κ. Από το θεμελιώδη νόμο της μηχανικής, παίρνοντας θετική φορά προς τα κάτω έχουμε:

$$\begin{aligned}\Sigma F &= m\alpha \Rightarrow w - F = m\alpha \Rightarrow mg - BI\ell = m\alpha \Rightarrow \\ I &= \frac{m(g - \alpha)}{B\ell} = \frac{20 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot (10 - 2) \text{ m/s}^2}{4 \cdot 10^{-2} \text{ T} \cdot 0,2 \text{ m}} \Rightarrow I = 20 \text{ A}\end{aligned}$$

31. Ένας συρμάτινος, αγώγιμος, βρόχος βρίσκεται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο εντάσεως $|\vec{B}| = 0,50 \text{ T}$. Αν το εμβαδόν της επιφάνειας του βρόχου είναι $2,0 \text{ m}^2$. Να υπολογίσετε τη μαγνητική ροή διαμέσου της επιφάνειας του βρόχου στις περιπτώσεις που φαίνονται στην εικόνα.



Λύση:

Για τον υπολογισμό της μαγνητικής ροής χρησιμοποιούμε τη σχέση

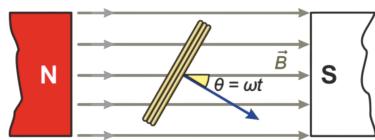
$$\Phi = |\vec{B}|A \cos(\theta)$$

περίπτωση (α): $\Phi = (0,50 \text{ T}) \times (2,0 \text{ m}^2) \times \cos(0^\circ) \Rightarrow \Phi = 1,0 \text{ Wb}$

περίπτωση (β): $\Phi = (0,50 \text{ T}) \times (2,0 \text{ m}^2) \times \cos(60^\circ) \Rightarrow \Phi = 0,5 \text{ Wb}$

περίπτωση (γ): $\Phi = (0,50 \text{ T}) \times (2,0 \text{ m}^2) \times \cos(90^\circ) \Rightarrow \Phi = 0,0 \text{ Wb}$

32. Ένα ορθογώνιο, αγώγιμο πλαίσιο με εμβαδό επιφάνειας A και N σπείρες περιστρέφεται με σταθερή συχνότητα f στο χώρο μεταξύ των πόλων ενός μαγνήτη, όπως φαίνεται στην εικόνα. Το μαγνητικό πεδίο μεταξύ των πόλων του μαγνήτη θεωρείται ομογενές εντάσεως $|\vec{B}|$. Να υπολογίσετε τη μαγνητική ροή διαμέσου της επιφάνειας του πλαισίου συναρτήσει των παραμέτρων A , N , f και $|\vec{B}|$.



Λύση:

Το πλαίσιο έχει N σπείρες, επομένως το συνολικό εμβαδόν του αγώγιμου βρόχου είναι $A_{\text{ολ}} = NA$. Η γωνία θ , που σχηματίζει η κάθετη στην επιφάνεια του βρόχου με τις μαγνητικές δυναμικές γραμμές είναι χρονοεξαρτώμενη διότι $\theta = \omega t \Rightarrow \theta = 2\pi ft$. Εφαρμόζοντας τη σχέση $\Phi = |\vec{B}|A \cos(\theta)$ καταλήγουμε στο αποτέλεσμα

$$\Phi = |\vec{B}|NA \cos(2\pi ft)$$

33. Ένα πηνίο είναι τοποθετημένο μέσα σε μαγνητικό πεδίο ώστε η επιφάνειά του να είναι κάθετη με τις μαγνητικές δυναμικές γραμμές. Ποια από τις πιο κάτω περιπτώσεις επάγει τη μεγαλύτερη τάση στο πηνίο; Να δικαιολογήσετε την απάντηση σας.

- Το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου είναι μεγάλο και ο ρυθμός μεταβολής τους είναι μικρός.
- Το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου είναι μικρό και ο ρυθμός μεταβολής του είναι μεγάλος.
- Το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου είναι μεγάλο και σταθερό.

Λύση:

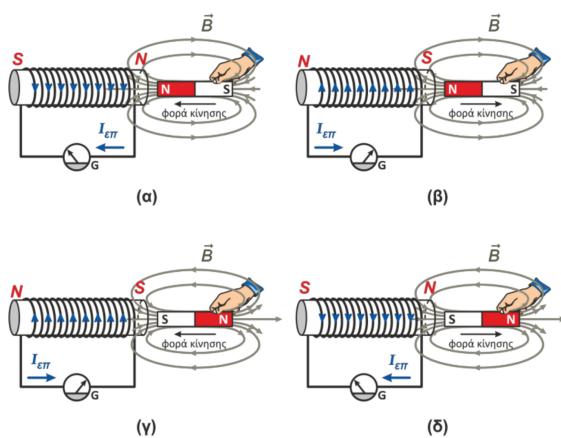
Σωστή απάντηση το (ii). Η επαγωγική τάση είναι ανάλογη του ρυθμού μεταβολής της μαγνητικής ροής του μαγνητικού πεδίου.

34. Να χαρακτηρίσετε τις πιο κάτω προτάσεις ως Σωστές/Λανθασμένες.

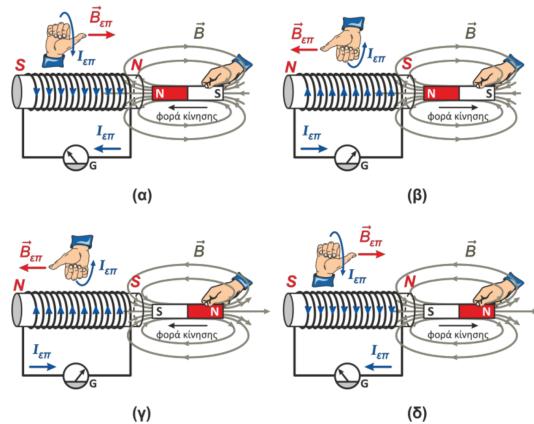
- Η δημιουργία επαγωγικής τάσης είναι αποτέλεσμα της μεταβολής της μαγνητικής ροής.
- Η δημιουργία επαγωγικού ρεύματος προϋποθέτει ότι το κύκλωμα στο οποίο συμβαίνει η μεταβολή της ροής να είναι ακλειστό. Το ρεύμα αυτό ονομάζεται επαγωγικό και θα διαρκεί όσο χρόνο διαρκεί και η μεταβολή της ροής.
- Η φορά του επαγόμενου ρεύματος θα είναι τέτοια ώστε να αντιτίθεται στην αύξηση της μαγνητικής ροής διαμέσου του πηνίου.

Λύση: i. Σωστό, ii. Σωστό, iii. Σωστό

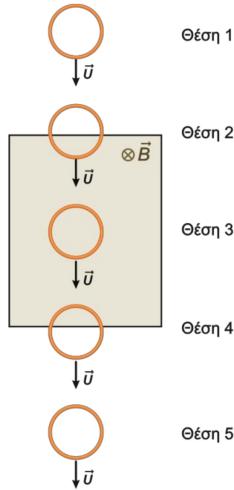
35. Να σχεδιάσετε τη φορά του επαγόμενου ρεύματος σε κάθε περίπτωση.



Λύση:



36. Στο σχήμα ποιο κάτω φαίνεται σε κάτοψη η περιοχή που υπάρχει ένα ομογενές μαγνητικό πεδίο. Ένας χάλκινος κρίκος κινείται με σταθερή ταχύτητα από τη θέση 1 μέχρι τη θέση 5.



- Να εξηγήσετε γιατί καθώς ο κρίκος περνά από τις θέσεις 1 και 5 δεν διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα.
- Να διερευνήσετε κατά πόσο το επαγόμενο ηλεκτρικό ρεύμα που διαρρέει τον κρίκο, καθώς περνά από τις θέσεις 2, 3 και 4, είναι: Στη θέση 2 το ρεύμα I_2 κινείται αριστερόστροφα, στη θέση 3 το ρεύμα $I_3 = 0 \text{ A}$, και στη θέση 4 το ρεύμα I_4 κινείται δεξιόστροφα.

Λύση:

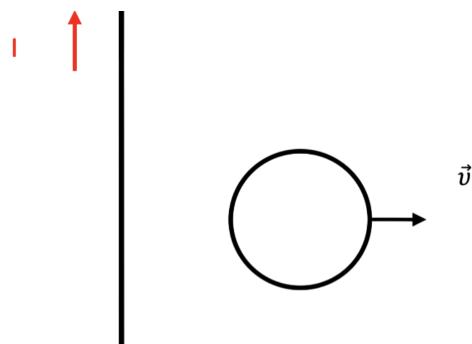
i. Στις θέσεις 1 και 5 η μαγνητική ροή διαφέρει από την επιφάνεια του βρόχου είναι μηδέν, συνεπώς και ο ρυθμός μεταβολής της ροής είναι μηδέν, δεν επάγεται τάση για να προκληθεί ροή ρεύματος.

ii. Στη θέση 2 η μαγνητική ροή στην επιφάνεια του βρόχου αυξάνεται προς τα μέσα, οπότε σύμφωνα με τον κανόνα του Lenz, το επαγωγικό ρεύμα πρέπει να δημιουργήσει μαγνητική ροή αντίθετης φοράς ώστε να ελαττώσει τη μεταβολή (να αντισταθεί στην αύξηση) της μαγνητικής ροής. Σύμφωνα με τον κανόνα του δεξιού χεριού, το επαγωγικό ρεύμα πρέπει να είναι αριστερόστροφο για να δημιουργήσει μαγνητική ροή προς τα έξω.

Στη θέση 3 η μαγνητική ροή στην επιφάνεια του βρόχου είναι σταθερή άρα ο ρυθμός μεταβολής της είναι μηδέν και γι' αυτό δεν επάγεται τάση στον βρόχο που να προκαλεί ροή ηλεκτρικού ρεύματος.

Στη θέση 5 η μαγνητική ροή στην επιφάνεια του βρόχου μειώνεται προς τα μέσα, οπότε σύμφωνα με τον κανόνα του Lenz, το επαγωγικό ρεύμα πρέπει να δημιουργήσει μαγνητική ροή αντίθετης φοράς ώστε να ελαττώσει τη μεταβολή (να αντισταθεί στη μείωση) της μαγνητικής ροής. Σύμφωνα με τον κανόνα του δεξιού χεριού, το επαγωγικό ρεύμα πρέπει να είναι δεξιόστροφο για να δημιουργήσει μαγνητική ροή προς τα μέσα.

37. Στο σχήμα, ευθύγραμμος αγωγός μεγάλου μήκους διαρρέεται από ρεύμα I . Κυκλικός αγωγός κινείται κάθετα προς αυτόν με σταθερή ταχύτητα $|v|$.

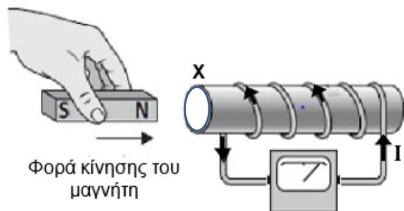


Λόγω του φαινομένου της επαγωγής:

- Το ρεύμα στον κυκλικό αγωγό έχει φορά, ίδια με τη φορά των δεικτών του ρολογιού.
- Το ρεύμα στον κυκλικό αγωγό είναι ίσο με το μηδέν.
- Το ρεύμα στον κυκλικό αγωγό έχει φορά, αντίθετη από τη φορά των δεικτών του ρολογιού.

Λύση: i.

38. Μια φυσικός, μελετά τη συμπεριφορά ενός πηνίου στην παρουσία ενός μαγνήτη. Αρχικά κινεί τον μαγνήτη προς το εσωτερικό ενός πηνίου τα áκρα του οποίου είναι συνδεδεμένα με ένα γαλβανόμετρο, όπως φαίνεται στο σχήμα που ακολουθεί. Κατά την κίνηση του μαγνήτη το πηνίο διαρρέεται από επαγωγικό ρεύμα έντασης I και ο δείκτης του γαλβανομέτρου εκτρέπεται προς τα δεξιά.

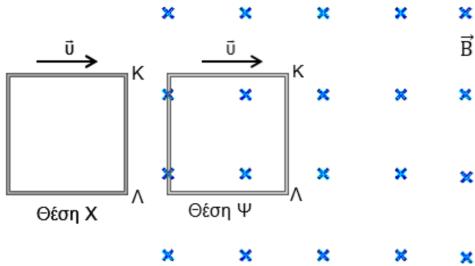


- Λόγω του επαγωγικού ρεύματος το πηνίο γίνεται μαγνήτης. Να αναφέρετε αν το áκρο X του πηνίου γίνεται βόρειος ή νότιος πόλος. Σε ποιον κανόνα της Φυσικής στηρίζεται η απάντηση που δώσατε;
- Να περιγράψετε τι θα παρατηρήσει η μαθήτρια στην εκτροπή του δείκτη του γαλβανομέτρου στις ποιο κάτω περιπτώσεις:
 - το πηνίο έχει περισσότερες σπείρες
 - ο μαγνήτης πλησιάζει στο πηνίο με μεγαλύτερη ταχύτητα
 - ο μαγνήτης παραμείνει ακίνητος στο εσωτερικό του πηνίου.

Λύση:

- Βόρειος . Από τον κανόνα Lenz, η πολικότητα της τάσης εξ επαγωγής που αναπτύσσεται σε ένα σωληνοειδές (πηνίο) είναι τέτοια ώστε να δημιουργεί ρεύμα το οποίο παράγει μαγνητική ροή κατά τη φορά που αντιτίθεται στη μεταβολή της μαγνητικής ροής που διαπερνά τον βρόχο.
- Ο δείκτης θα εκτραπεί περισσότερο
 - Ο δείκτης θα εκτραπεί περισσότερο
 - Ο δείκτης θα παραμείνει ακίνητος στο κέντρο (θα έχει ένδειξη 0)

39. Ένα τετράγωνο μεταλλικό πλαίσιο πλευράς $L = 0,2 \text{ m}$, κινείται με σταθερή οριζόντια ταχύτητα μέτρου $|\vec{v}| = 0,3 \text{ m/s}$ από τη θέση X στη θέση Ψ , εισερχόμενο σε κατακόρυφο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης μέτρου $|\vec{B}| = 0,04 \text{ T}$. Στη θέση X το πλαίσιο βρίσκεται έξω από το μαγνητικό πεδίο ενώ στη θέση Ψ το πλαίσιο βρίσκεται ολόκληρο μέσα στο μαγνητικό πεδίο.



- Να διατυπώσετε τον νόμο του Faraday.
- Να δείξετε ότι η μεταβολή της μαγνητικής ροής μέσα από το πλαίσιο, όταν κινείται από τη θέση X στη θέση Ψ , είναι $1,6 \times 10^{-3} \text{ Wb}$.
- Κατά τη διάρκεια της εισόδου του πλαισίου στο μαγνητικό πεδίο:
 - Να δείξετε ότι η τάση από επαγωγή που εμφανίζεται στα άκρα του τμήματος ΚΛ του πλαισίου είναι $E_{\text{επ.}} = 2,4 \times 10^{-3} \text{ V}$.
 - Να προσδιορίσετε την πολικότητα στα άκρα του τμήματος ΚΛ του πλαισίου.
 - Να σχεδιάσετε τη φορά του επαγωγικού ρεύματος που διαρρέει το πλαίσιο.
 - Να υπολογίσετε το επαγωγικό ρεύμα που διαρρέει το πλαίσιο, αν η αντίσταση του πλαισίου είναι $R = 4\Omega$.

Λύση:

- Η ηλεκτρεγερτική δύναμη (ΗΕΔ) από επαγωγή που δημιουργείται σε έναν αγώγιμο βρόχο είναι ανάλογη με τον ρυθμό μεταβολής της μαγνητικής ροής που διαπερνά την επιφάνεια που περικλείεται από τον βρόχο.

$$E_{\text{επ.}} = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

ii.

$$S = 0,2 \text{ m} \cdot 0,2 \text{ m} = 0,04 \text{ m}^2$$

$$\Delta \Phi = \Phi_{\Psi} - \Phi_X = |\vec{B}|S - 0 = (0,04 \text{ T}) \cdot (0,04 \text{ m}^2) - 0 = 1,6 \times 10^{-3} \text{ Wb}$$

iii.

a.

$$|E_{E\pi}| = |\vec{B}| |\vec{v}| L = (0,04 \text{ T}) \cdot (0,3 \frac{\text{m}}{\text{s}}) \cdot (0,2 \text{ m}) = 2,4 \times 10^{-3} \text{ V}$$

b. Το όχρο K είναι θετικό

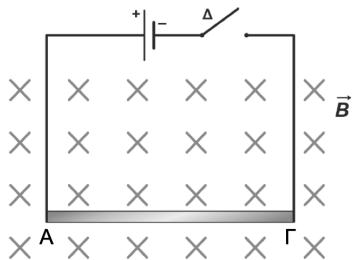
c.



d.

$$I_{E\pi.} = \frac{E_{E\pi.}}{R} \implies I_{E\pi.} = \frac{2,4 \times 10^{-3} \text{ V}}{4 \Omega} = 6,0 \times 10^{-4} \text{ A}$$

40. Ο αγωγός ΑΓ είναι τοποθετημένος κάθετα στις γραμμές ενός ομογενούς μαγνητικού πεδίου έντασης \vec{B} , όπως φαίνεται στο σχήμα. Όταν ο διακόπτης Δ κλείσει, ο αγωγός διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα έντασης I και ασκείται σ' αυτόν μαγνητική δύναμη Laplace από το μαγνητικό πεδίο $|\vec{B}|$.



i. Να σχεδιάσετε τη δύναμη που δέχεται ο αγωγός από το μαγνητικό πεδίο.

ii. Το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου είναι $|\vec{B}| = 0,2 \text{ T}$, η ένταση του ρεύματος είναι $I = 2,5 \text{ A}$ και το μήκος του αγωγού είναι $L = 0,8 \text{ m}$. Να υπολογίσετε το μέτρο της δύναμης Laplace που ασκείται στον αγωγό.

iii. Να αναφέρετε έναν τρόπο με τον οποίο μπορούμε να αντιστρέψουμε τη φορά της δύναμης Laplace που δέχεται ο αγωγός.

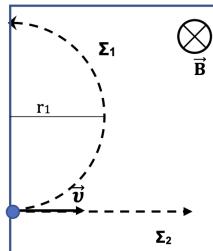
iv. Να αναφέρετε έναν τρόπο με τον οποίο μπορούμε να διπλασιάσουμε το μέτρο της δύναμης Laplace που δέχεται ο αγωγός ΑΓ.

Λύση: i. Προς τα πάνω. ii.

$$|\vec{F}_L| = |\vec{B}|IL = (2,0 \text{ T})(2,5 \text{ A})(0,8 \text{ m}) = 4,0 \text{ N}$$

iii. Να αντιστρέψουμε τη φορά της έντασης του μαγνητικού πεδίου ή της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος. iv. Να διπλασιάσουμε την ένταση του μαγνητικού πεδίου ή την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος.

41. Δύο σωματίδια Σ_1 και Σ_2 εισέρχονται κάθετα στις δυναμικές γραφμές ομογενούς μαγνητικού πεδίου έντασης μέτρου $|\vec{B}| = 0,5 \text{ T}$ με την ίδια αρχική ταχύτητα μέτρου $|\vec{v}| = 4,0 \times 10^5 \text{ m/s}$, του πιο κάτω σχήματος. Οι τροχιές τους φαίνονται στο σχήμα με διακεκομένες γραφμές. Η επίδραση της βαρύτητας θεωρείται αμελητέα.



- i. Να σχεδιάσετε τη μαγνητική δύναμη που ασκείται στο σωματίδιο Σ_1 , τη στιγμή της εισόδου του στο μαγνητικό πεδίο.
- ii. Να προσδιορίσετε το είδος του φορτίου του σωματιδίου Σ_1 .
- iii. Να υπολογίσετε το μέτρο της δύναμης που δέχεται το σωματίδιο Σ_1 από το μαγνητικό πεδίο, αν έχει φορτίο $|q| = 5,0 \times 10^{-8} \text{ C}$.
- iv. Να αναφέρετε αν το σωματίδιο Σ_2 είναι φορτισμένο ή αφόρτιστο.

Λύση:

i. Κάθετη στην ταχύτητα με φορά προς τα πάνω.

ii. Θετικό

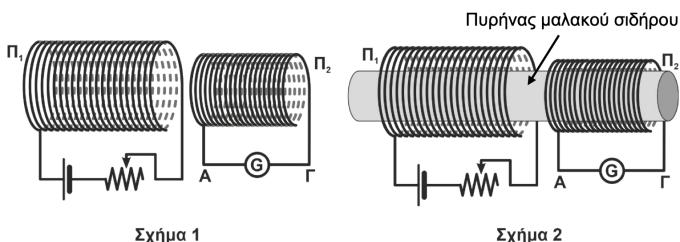
iii.

$$|\vec{F}| = |\vec{B}| |\vec{v}| |q| \implies |\vec{F}| = (0,5 \text{ T})(4,0 \cdot 10^5 \text{ m/s})(5,0 \cdot 10^{-8} \text{ C}) = 0,01 \text{ N}$$

iv. Αφόρτιστο

42. Στο Σχήμα 1 φαίνονται δύο πηγία Π_1 και Π_2 που βρίσκονται σε επαγωγική σύζευξη. Μετακινώντας κατάλληλα τον δρομέα της μεταβλητής αντίστασης αυξάνουμε, με σταθερό ρυθμό, την ένταση του ρεύματος που διαφέρει το πηνίο Π_1 .

Στο Σχήμα 2 φαίνεται η ίδια διάταξη των πηνίων Π_1 και Π_2 μετά την εισαγωγή πυρήνα μαλακού σιδήρου. Μετακινώντας κατάλληλα τον δρομέα της μεταβλητής αντίστασης αυξάνουμε, με τον ίδιο σταθερό ρυθμό, την ένταση του ρεύματος που διαφέρει το πηνίο Π_1 .



- Να γράψετε τον ορισμό της αμοιβαίας επαγωγής.
- Να εξηγήσετε αν το ηλεκτρικό ρεύμα που διαφέρει το γαλβανόμετρο, στο Σχήμα 1, έχει φορά από το A προς το Γ ή από το Γ προς το A.
- Να εξηγήσετε σε ποιο από τα σχήματα 1 και 2 η ένδειξη του γαλβανομέτρου θα είναι μεγαλύτερη.

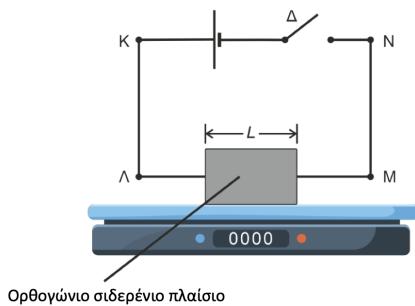
Λύση:

- Αμοιβαία επαγωγή ονομάζουμε το φαινόμενο κατά το οποίο εμφανίζεται επαγωγική τάση στα άκρα ενός πηνίου, όταν μεταβάλλεται η ένταση του ρεύματος που διαφέρει ένα άλλο πηνίο με το οποίο βρίσκεται σε επαγωγική σύζευξη.
- Έχει φορά από το A προς το Γ καθώς η αύξηση της έντασης του ρεύματος στο Π_1 προκαλεί, σύμφωνα με τον κανόνα του Lenz, αντίρροπο ρεύμα στο Π_2 . Στο Π_1 το ρεύμα ανεβαίνει τις σπείρες άρα στο Π_2 θα κατεβαίνει τις σπείρες
- Θα είναι μεγαλύτερη στο Σχήμα 2 λόγω της ύπαρξης του πυρήνα, (διότι ο βαθμός σύζευξης των πηνίων είναι μεγαλύτερος) με αποτέλεσμα η ΗΕΔ που επάγεται στην περίπτωση αυτή να είναι μεγαλύτερη και έτσι το κύκλωμα να διαφέρεται από ρεύμα μεγαλύτερης έντασης.

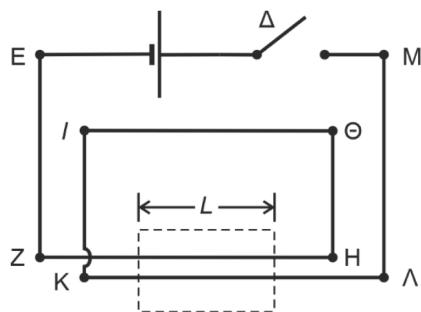
43. Να διατυπώσετε τον κανόνα του Lenz. Ποια βασική Αρχή της Φυσικής συσχετίζεται ο κανόνας του Lenz;

Λύση: Η επαγωγική τάση που προκύπτει από τη μεταβολή της μαγνητικής ροής έχει πολικότητα τέτοια η οποία προκαλεί επαγωγικό ρεύμα με κατεύθυνση τέτοια ώστε το μαγνητικό πεδίο που οφείλεται σε αυτό να αντιτίθεται στη μεταβολή της μαγνητικής ροής. Συσχετίζεται με την Αρχή διατήρησης της Ενέργειας.

44. Στη ζυγαριά της εικόνας είναι τοποθετημένο ένα ορθογώνιο, σιδερένιο πλαίσιο, μήκους L , στο εσωτερικό του οποίου δημιουργείται, με κατάλληλη διάταξη μαγνητών, ομογενές μαγνητικό πεδίο με διεύθυνση κάθετη στο επίπεδο της σελίδας. Μέσα από το πλαίσιο και κάθετα στο μαγνητικό πεδίο διέρχεται ο αγωγός ΛΜ, ο οποίος είναι συνδεδεμένος στο κύκλωμα ΚΛΜΝΚ, όπως φαίνεται στην εικόνα. Η ζυγαριά είναι μηδενισμένη και όταν ο διακόπτης Δ κλείσει, αυτή μπορεί να καταγράψει είτε θετική είτε αρνητική ένδειξη.



- Όταν ο διακόπτης Δ κλείσει, η ζυγαριά καταγράψει θετική ένδειξη.
 - Να προσδιορίσετε την κατεύθυνση της δύναμης Laplace που ασκεί το μαγνητικό πεδίο στον αγωγό και να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.
 - Να προσδιορίσετε την κατεύθυνση του μαγνητικού πεδίου
- Αν η ένδειξη της ζυγαριάς είναι $0,13 \text{ g}$ να υπολογίσετε το μέτρο της δύναμης Laplace που ασκεί το μαγνητικό πεδίο στον αγωγό.
- Αντικαθιστούμε το κύκλωμα ΚΛΜΝΚ της διάταξης με το κύκλωμα ΕΖΗΘΙΚΛΜΕ, [το οποίο φαίνεται πιο κάτω, έτσι ώστε μέσα από το ομογενές μαγνητικό πεδίο να διέρχονται οι αγωγοί ΖΗ και ΚΛ. Η ένταση του ρεύματος στο κύκλωμα (όταν κλείσει ο διακόπτης), η ένταση του μαγνητικού πεδίου και το μήκος L της διάταξης του ομογενούς μαγνητικού πεδίου παραμένουν τα ίδια.]



Να υπολογίσετε τη νέα ένδειξη της ζυγαριάς, όταν κλείσει ο διακόπτης.

Λύση:

i.

- Η \vec{F}_L έχει φορά προς τα άνω. Εφόσον η ένδειξη της ζυγαριάς είναι θετική άρα δέχεται δύναμη προς τα κάτω, επομένως λόγω δράσης - αντίδρασης ο αγωγός θα δέχεται δύναμη προς τα πάνω.
- Έχει φορά προς τα μέσα \vec{B} \otimes σύμφωνα με τον χανόνα των τριών δακτύλων του δεξιού χεριού.

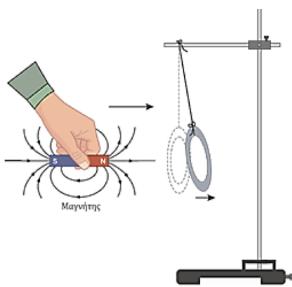
ii.

$$m = 0,13 \text{ g} = 0,13 \times 10^{-3} \text{ kg} \quad [1.]$$

$$|\vec{B}| = mg = |\vec{F}_L| \implies |\vec{F}_L| = (0,13 \times 10^{-3} \text{ kg}) \cdot \left(9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) = 1,275 \times 10^{-3} \text{ N} \quad [1.]$$

iii. Οι δύο αγωγοί θα διαρρέονται από ρεύμα ίδιας φοράς (προς τα αριστερά) άρα θα δέχονται δύναμη Laplace ίδιου μέτρου και φοράς προς τα κάτω. Η ζυγαριά θα δέχεται συνισταμένη διπλάσια δύναμη με φορά προς τα άνω λόγω δράσης-αντίδρασης. Η ένδειξη της ζυγαριάς θα είναι $-0,26 \text{ g}$.

45. Κρεμάμε με μονωτικό νήμα έναν αλουμινένιο δακτύλιο ο οποίος ηρεμεί σε κατακόρυφη θέση. Πλησιάζουμε σε αυτόν απότομα ένα μαγνήτη, όπως φαίνεται στο σχήμα. Παρατηρούμε ότι ο δακτύλιος απομακρύνεται από τον μαγνήτη. Να εξηγήσετε την κίνηση του δακτυλίου.



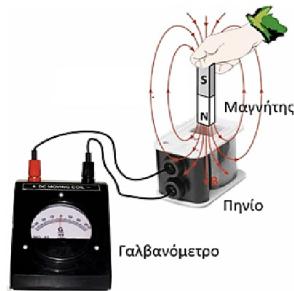
Λύση:

Κατά την προσέγγιση του μαγνήτη αυξάνεται η μαγνητική ροή που διέρχεται μέσα από τον δακτύλιο.

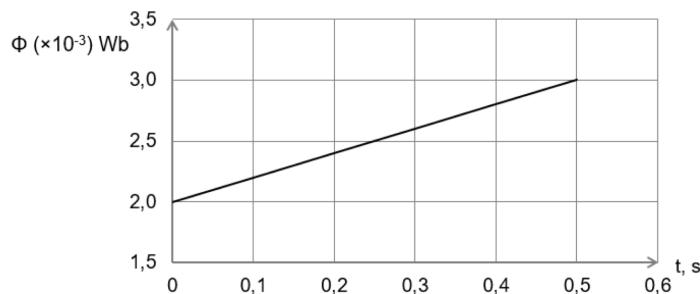
Σύμφωνα με τον χανόνα του Lenz, ο δακτύλιος θα πρέπει να διαρρέεται από ρεύμα τέτοιας φοράς, ώστε να δημιουργείται μαγνητικό πεδίο αντίθετης φοράς.

Επομένως ο δακτύλιος απομακρύνεται από τον μαγνήτη.

46. Μια ομάδα μαθητών εκτελεί ένα πείραμα ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής. Οι μαθητές συνδέουν ένα πηνίο με γαλβανόμετρο και κρατούν τον βόρειο πόλο ενός ραβδόμορφου μαγνήτη ακίνητο πάνω από το πηνίο, όπως φαίνεται στην εικόνα που ακολουθεί.



- Το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου στο κέντρο του πηνίου είναι 2×10^{-2} T και το εμβαδόν του πηνίου είναι 4×10^{-4} m². Να υπολογίσετε τη μαγνητική ροή Φ μέσα από το πηνίο, αν το πηνίο έχει 200 σπείρες.
- Ένας μαθητής κινεί τον μαγνήτη προς το πηνίο και η μαγνητική ροή μέσα από το πηνίο αυξάνεται. Η γραφική παράσταση που ακολουθεί δείχνει, κατά προσέγγιση, τη μαγνητική ροή σε συνάρτηση με τον χρόνο μέσα από το πηνίο.



- Να υπολογίσετε τη μεταβολή της μαγνητικής ροής μέσα από το πηνίο για το χρονικό διάστημα από 0 – 0,5 s.
- Να περιγράψετε τι θα παρατηρήσουν οι μαθητές στο γαλβανόμετρο, όσο χρονικό διάστημα ο μαθητής κινεί τον μαγνήτη προς το πηνίο.

iii. Οι μαθητές αντικαθιστούν το γαλβανόμετρο με μια λάμπα και επαναλαμβάνουν την ίδια διαδικασία. Παρατηρούν ότι όσο κινούν τον μαγνήτη η λάμπα φωτοβολεί.

- Να υπολογίσετε την επαγωγική τάση που αναπτύσσεται στα άκρα της λάμπας, σύμφωνα με τα δεδομένα της γραφικής παράστασης του ερωτήματος (ii).
- Να αναφέρετε αλλαγές που μπορούν να κάνουν οι μαθητές στην πειραματική διάταξη ώστε μια λάμπα που λειτουργεί με μεγαλύτερη τάση να φωτοβολεί κανονικά.

Λύση:

i.

$$\Phi = N \left| \vec{B} \right| A = 200 \cdot (2 \times 10^{-2} \text{ T}) \cdot (4 \times 10^{-4} \text{ m}^2)$$

$$\Rightarrow \Phi = 1,6 \times 10^{-3} \text{ Wb}$$

ii.

a.

$$\Delta\Phi = \Phi_{\text{τελ}} - \Phi_{\text{αρχ}} = (3,0 \times 10^{-3} \text{ Wb}) - (2,0 \times 10^{-3} \text{ Wb}) = 1,0 \times 10^{-3} \text{ Wb}$$

b. Απόκλιση του δείκτη του γαλβανόμετρου.

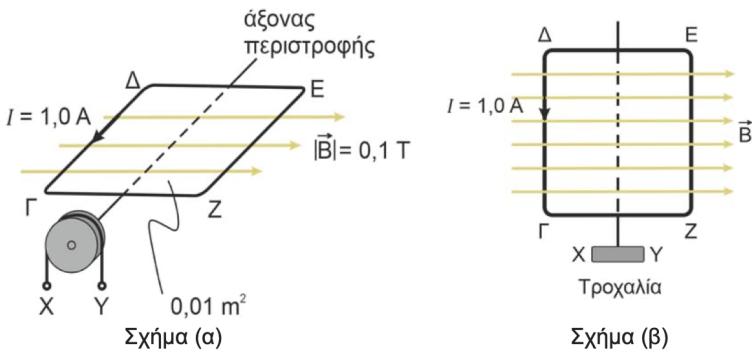
iii.

a.

$$E_{\varepsilon\pi} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -\frac{(1,0 \times 10^{-3}) \text{ Wb}}{0,5 \text{ s}} = -2 \times 10^{-3} \text{ V}$$

- b. – Να χρησιμοποιήσουν πηνίο με περισσότερες σπείρες
- Να χρησιμοποιήσουν ισχυρότερο μαγνήτη
- Να κινήσουν τον μαγνήτη προς το πηνίο με μεγαλύτερη ταχύτητα
- Να τοποθετήσουν πυρήνα στο εσωτερικό του μαγνήτη

47. Το τετραγωνικό πλαίσιο του σχήματος (α) αποτελεί το απλοποιημένο διάγραμμα ενός ηλεκτρικού κινητήρα. Το πλαίσιο αποτελείται από N σπείρες εμβαδού $A = 0,01 \text{ m}^2$ και μπορεί να περιστρέψεται γύρω από οριζόντιο άξονα, ο οποίος διέρχεται από το κέντρο του. Το πλαίσιο είναι αρχικά οριζόντιο και διαρρέεται από ρεύμα έντασης $I = 1,0 \text{ A}$. Ο άξονας περιστροφής του πλαισίου συνδέεται με τροχαλία ακτίνας $R = 10 \text{ cm}$, στην οποία μπορούν να χρεμαστούν βαρίδια σε κάθε πλευρά της, στο σημείο X ή στο σημείο Y. Με κατάλληλη διάταξη μπορούμε να εφαρμόσουμε ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης μέτρου $|\vec{B}| = 0,1 \text{ T}$ με οριζόντιες δυναμικές γραμμές. Στο σχήμα (β) φαίνεται η κάτοψη του πλαισίου. Να αγνοήσετε όλες τις τριβές.



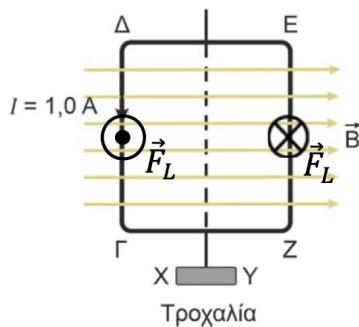
- Tη χρονική στιγμή $t = 0$ εφαρμόζεται το μαγνητικό πεδίο. Να αναφέρετε σε ποιες πλευρές του πλαισίου (β), ασκούνται ηλεκτρομαγνητικές δυνάμεις και να τις σχεδιάσετε ποιοτικά.
- Να εξηγήσετε σε ποιο από τα σημεία X ή Y ότι πρέπει να κρεμαστεί ένα κατάλληλο βαρίδιο, προκειμένου να αποφευχθεί η περιστροφή του πλαισίου όταν εφαρμοστεί το μαγνητικό πεδίο τη χρονική στιγμή $t = 0$.
- Να υπολογίσετε το μέτρο της ροπής του βάρους ενός βαρίδιου μάζας $m = 0,102 \text{ kg}$, ως προς το κέντρο της τροχαλίας, όταν αυτό κρεμαστεί είτε στο σημείο X είτε στο σημείο Y .
- Κρατάμε ακίνητο το σύστημα πλαισίου-τροχαλίας-βαρίδιου του υποερωτήματος (iii) με το πλαίσιο σε οριζόντια θέση. Να υπολογίσετε τον αριθμό N των σπειρών του πλαισίου, ώστε όταν εφαρμοστεί το μαγνητικό πεδίο και αφήσουμε το σύστημα να κινηθεί αυτό να παραμένει ακίνητο. Να δώσετε την απάντησή σας στον πλησιέστερο αριθμό.

Λύση:

- Στις πλευρές ΔE και ΓZ δεν ασκούνται ηλεκτρομαγνητικές δυνάμεις.

Στην πλευρά $\Gamma \Delta$ ασκείται ηλεκτρομαγνητική δύναμη κάθετα στο επίπεδο του πλαισίου (σελίδας) με φορά προς τον αναγνώστη

Στην πλευρά EZ ασκείται ηλεκτρομαγνητική δύναμη κάθετα στο επίπεδο του πλαισίου (σελίδας) με φορά προς τα μέσα (προς το χαρτί).



ii. Οι ηλεκτρομαγνητικές δυνάμεις που ασκούνται στις πλευρές ΓΔ και EZ αποτελούν ζεύγος δυνάμεων το οποίο τείνει να περιστρέψει το πλαίσιο δεξιόστροφα (η ροπή του ζεύγους έχει αρνητική αλγεβρική τιμή).

Για να αποφευχθεί η περιστροφή του πλαισίου πρέπει η συνολική ροπή που δέχεται το πλαίσιο, κατά μήκος του άξονα περιστροφής του, να είναι μηδενική.

Αυτό σημαίνει ότι η ροπή που θα προκαλέσει το κρέμασμα του βαριδιού πρέπει να είναι αντίθετη της ροπής του ζεύγους άρα το βαρίδι πρέπει να κρεμαστεί στο σημείο X.

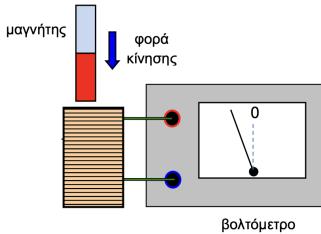
iii. Η ζητούμενη ροπή έχει μέτρο:

$$|\vec{M}_{\beta\alpha\rho}| = mgR = (0,102 \text{ kg}) \times \left(9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) \times (0,1 \text{ m}) = 0,1 \text{ N} \cdot \text{m}$$

iv. Για να παραμείνει ακίνητο το πλαίσιο πρέπει η συνολική ροπή που δέχεται (είτε κατά μήκος του άξονα περιστροφής είτε ως προς το κέντρο της τροχαλίας) να είναι μηδενική,

$$\begin{aligned} \sum M &= 0 \implies |\vec{M}_{\beta\alpha\rho}| = |\vec{M}_{\pi\lambda\omega\sigma\text{ou}}| \\ |\vec{M}_{\pi\lambda\omega\sigma\text{ou}}| &= N \cdot |\vec{F}_L| \cdot (\Delta\ell) = N \cdot |\vec{B}| IA \\ \implies |\vec{M}_{\beta\alpha\rho}| &= N |\vec{B}| IA \quad \Rightarrow \quad N = \frac{|\vec{M}_{\beta\alpha\rho}|}{|\vec{B}| IA} = \frac{0,1}{0,1 \cdot 1,0 \cdot 0,01} = 100 \end{aligned}$$

48. Μια ομάδα μαθητών παρατηρούν ότι ο δείκτης του βολτομέτρου αποκλίνει από την κατακόρυφη θέση (θέση μηδέν) κατά τη διάρκεια που εισάγεται ο μαγνήτης στο πηνίο.



i. Να εξηγήσετε αυτή την παρατήρηση.

ii. Να αναφέρετε τι θα παρατηρηθεί στον δείκτη του βολτομέτρου όταν ο μαγνήτης παραμείνει ακίνητος μέσα στο πηνίο.

iii. Να αναφέρετε τρόπους με τους οποίους θα μπορούσε να παρατηρηθεί στο πείραμα μεγαλύτερη απόκλιση του δείκτη.

Λύση:

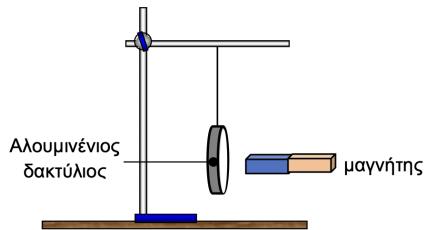
i. Με την είσοδο του μαγνήτη μεταβάλλεται η μαγνητική ροή που διέρχεται μέσα από το πηνίο. Σύμφωνα με το Νόμο Faraday αναπτύσσεται επαγωγική τάση στα άκρα του πηνίου.

ii. Θα μηδενιστεί η απόκλιση του.

iii.

- Να αυξηθούν οι σπείρες του πηνίου.
- Να αυξηθεί η ταχύτητα κίνησης του μαγνήτη προς το πηνίο.
- Να χρησιμοποιηθεί ισχυρότερος μαγνήτης.

49. Σε πείραμα που πραγματοποιεί ομάδα μαθητών στο εργαστήριο έχει στη διάθεση της ισχυρό ραβδόμορφο μαγνήτη, μικρό κλειστό δακτύλιο αλουμινίου, και ανοικτό δακτύλιο αλουμινίου. Αρχικά ανάρτησαν τον κλειστό αλουμινένιο δακτύλιο από ένα στήριγμα, όπως φαίνεται στο πιο κάτω σχήμα.



Να γράψετε τι θα παρατηρήσουν οι μαθητές όταν:

- Κρατούν τον ραβδόμορφο μαγνήτη ακίνητο κοντά στον δακτύλιο.
- Πλησιάζουν τον ραβδόμορφο μαγνήτη προς το κέντρο του δακτυλίου.
- Αντικαθιστούν τον δακτύλιο με άλλον ανοικτό και πλησιάζουν τον μαγνήτη προς το κέντρο του δακτυλίου.

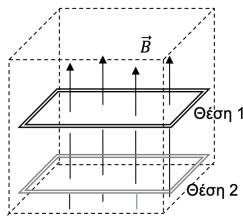
Λύση:

i. Ο δακτύλιος παραμένει ακίνητος.

ii. Ο δακτύλιος απομακρύνεται από τον μαγνήτη. (Με βάση τον κανόνα του Lenz, το επαγωγικό ρεύμα που δημιουργείται στο πηνίο έχει τέτοια πολικότητα που να αντιτίθεται στην αιτία που το προκαλεί. Για να συμβεί αυτό, δημιουργείται όμοιος πόλος στην πλευρά του δακτυλίου που είναι κοντά στον μαγνήτη.)

iii. Ο δακτύλιος παραμένει ακίνητος.

50. Ένα τετράγωνο συρμάτινο πλαίσιο μιας σπείρας, εμβαδού $A = 0,01 \text{ m}^2$, είναι τοποθετημένο οριζόντια, σ' ένα κατακόρυφο ομογενές μαγνητικό πεδίο. Η μαγνητική επαγωγή του πεδίου είναι $\vec{B} = 2 \times 10^{-2} \text{ T}$.



- Να διατυπώσετε το νόμο της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής του Faraday.
- Να υπολογίσετε τη μαγνητική ροή μέσα από το πλαίσιο
- Ενώ το πλαίσιο βρίσκεται ακίνητο στη θέση 1, η μαγνητική επαγωγή του πεδίου μηδενίζεται σε χρονικό διάστημα $\Delta t = 0,5 \text{ s}$.
 - Να υπολογίσετε πόση θα είναι μεταβολή στη μαγνητική ροή στο χρονικό διάστημα $\Delta t = 0,5 \text{ s}$.
 - Να υπολογίσετε τη μέση τιμή της επαγωγικής τάσης που αναπτύσσεται στο πλαίσιο, σε αυτό το χρονικό διάστημα.
 - Να αναφέρετε τη φορά του επαγωγικού ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα και να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.
- Να αναφέρετε αλλαγές που θα μπορούσατε να κάνετε στη διάταξη ώστε να αυξηθεί η επαγωγική τάση που αναπτύσσεται στο πηνίο στο χρονικό διάστημα Δt .

Λύση:

- Η τάση από επαγωγή που αναπτύσσεται στα άκρα ενός πηνίου είναι ανάλογη με το ρυθμό μεταβολής της ροής.

ii.

$$\Phi = B \times A = (2 \times 10^{-2} \text{ T}) (0,01 \text{ m}^2) = 2 \times 10^{-4} \text{ Wb}$$

iii.

a.

$$\Delta\Phi = 0 - 2 \times 10^{-4} \text{ Wb} = -2 \times 10^{-4} \text{ Wb}$$

b.

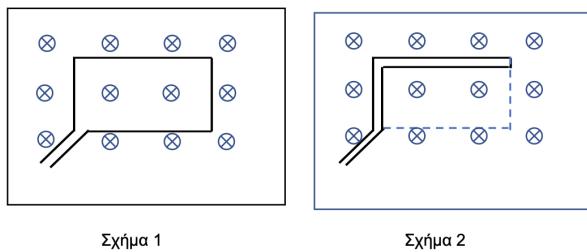
$$E_{\varepsilon\pi.} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -\frac{-2 \times 10^{-4} \text{ Wb}}{0,5 \text{ s}} = 4 \times 10^{-4} \text{ V}$$

c. Αντίθετη με τη φορά των δεικτών του ρολογιού. Το επαγωγικό ρεύμα αντιτίθεται στην αιτία που το προκαλεί (χανόνας του Lenz). Επομένως, δημιουργεί επαγωγικό μαγνητικό πεδίο ομόρροπο του αρχικού.

iv.

- Να χρησιμοποιήσουμε πλαίσιο με περισσότερες σπείρες.
- Να χρησιμοποιήσουμε πλαίσιο ισχυρότερο αρχικό μαγνητικό πεδίο.

51. Ένας ορθογώνιος συρμάτινος βρόχος με πλευρές 0,20 m και 0,35 m βρίσκεται μέσα σε ομογενές και σταθερό μαγνητικό πεδίο, με το επίπεδό του κάθετο στις δυναμικές γραμμές του πεδίου, όπως φαίνεται στο σχήμα 1. Το μαγνητικό πεδίο έχει μέτρο 0,65 T. Σε χρονικό διάστημα 0,18 s, ο βρόχος παραμορφώνεται όπως φαίνεται στο σχήμα 2. Το εμβαδόν του βρόχου στο σχήμα 2 θεωρείται αμελητέο.



i. Να εξηγήσετε γιατί εμφανίζεται επαγωγική τάση στον βρόχο, στο χρονικό διάστημα των 0,18 s κατά το οποίο παραμορφώνεται ο βρόχος.

ii. Να υπολογίσετε το μέτρο της μέσης επαγωγικής τάσης.

Λύση:

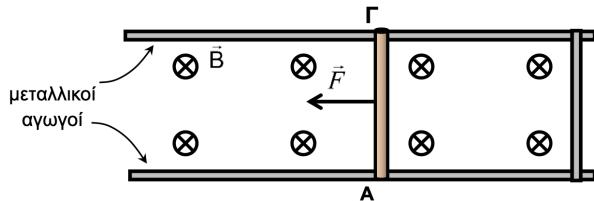
i. Σύμφωνα με τον νόμο Faraday εμφανίζεται επαγωγική τάση όταν μεταβάλλεται η μαγνητική ροή που διαπερνά ένα βρόχο. Επειδή μεταβάλλεται το εμβαδόν A του βρόχου η μαγνητική ροή $\Phi = BA$, μεταβάλλεται και επομένως εμφανίζεται επαγωγική τάση.

ii.

$$E_{\varepsilon\pi} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \implies |E_{\varepsilon\pi}| = \left| \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right| = \frac{B \Delta A}{\Delta t}$$

$$\implies |E_{\varepsilon\pi}| = \frac{(0,65 \text{ T})(0,20 \text{ m})(0,35 \text{ m})}{0,18 \text{ s}} = 0,25 \text{ V}$$

52. Μια μεταλλική ράβδος ΑΓ κινείται σε οριζόντιο επίπεδο, προς τα αριστερά, υπό την επίδραση σταθερής οριζόντιας δύναμης \vec{F} , πάνω σε παράλληλους μεταλλικούς αγωγούς. Η όλη διάταξη βρίσκεται σε ομογενές μαγνητικό πεδίο, το οποίο είναι κάθετο στο οριζόντιο επίπεδο και με φορά που φαίνεται στο σχήμα.



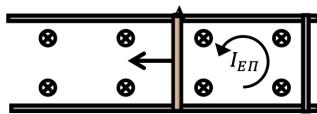
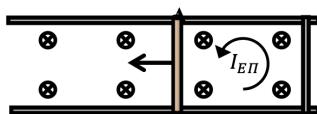
- Να εξηγήσετε ποια είναι η πολικότητα της επαγωγικής τάσης στα άκρα της ράβδου ΑΓ.
- Να σχεδιάσετε τη φορά του επαγωγικού ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα.
- Να σχεδιάσετε, στο σχήμα σας, τη δύναμη Laplace.
- Όταν η μεταλλική ράβδος ΑΓ διανύσει μια απόσταση πάνω στους παράλληλους αγωγούς, η δύναμη F σταματά να ασκείται σε αυτή. Να εξηγήσετε την κίνηση της ράβδου στη συνέχεια.

Λύση:

i. Καθώς η ράβδος κινείται, τα ελεύθερα ηλεκτρόνια υφίστανται τη δύναμη Lorentz, με αποτέλεσμα το άκρο Α να αποκτά θετικό φορτίο (+) και το άκρο Γ αρνητικό (-).

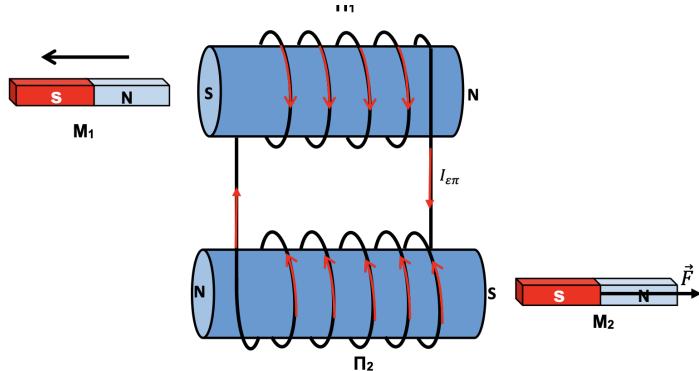
ii.

iii.



iv. Η μοναδική δύναμη που θα ασκείται τότε στη ράβδο είναι η δύναμη Laplace, η οποία αντιτίθεται στην κίνηση της ράβδου, άρα η ράβδος θα εκτελέσει επιβραδυνόμενη κίνηση με επιτάχυνση που διαρκώς ελαττώνεται, αφού η δύναμη Laplace είναι ανάλογη της ταχύτητας της ράβδου.

- 53.** Στο πιο κάτω σχήμα φαίνονται δύο πηγία Π_1 και Π_2 , τα οποία απέχουν αρκετά το ένα από το άλλο, και δύο ραβδόμορφοι μαγνήτες M_1 και M_2 . Το μαγνητικό πεδίο του κάθε ραβδόμορφου μαγνήτη επηρεάζει μόνο το πηνίο που βρίσκεται δίπλα του. Ο ραβδόμορφος μαγνήτης M_1 απομακρύνεται από το πηνίο Π_1 , όπως φαίνεται στο πιο κάτω σχήμα. Το σχήμα δεν είναι σχεδιασμένο υπό κλίμακα.

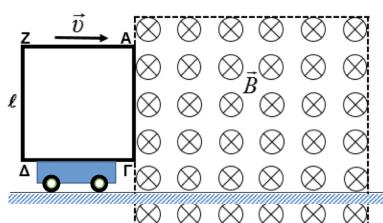


Να εξηγήσετε προς τα πού θα δεχθεί μαγνητική δύναμη ο μαγνήτης M_2 που βρίσκεται ακίνητος δίπλα από το πηνίο Π_2 , καθώς ο μαγνήτης M_1 απομακρύνεται από το πηνίο Π_1 κατά μήκος του άξονα του πηνίου.

Λύση:

Η μετακίνηση του ραβδόμορφου μαγνήτη μακριά από το πηνίο Π_1 προκαλεί μεταβολή της μαγνητικής ροής στο πηνίο Π_1 . Εμφάνιση Ηλεκτρεγερτικής Δύναμης (ΗΕΔ) από επαγωγή στα άκρα του πηνίου Π_1 . Το κύκλωμα είναι ακλειστό άρα διαρρέεται από επαγωγικό ρεύμα. Με βάση τον χανόνα του Lenz το μαγνητικό πεδίο στο πηνίο Π_1 έχει νότιο πόλο στα αριστερά του πηνίου Π_1 . Χρησιμοποιώντας τον χανόνα του δεξιού χεριού βρίσκουμε τη φορά του ρεύματος στο πηνίο Π_1 (προς τα κάτω, όπως φαίνεται στο σχήμα). Επομένως στο πηνίο Π_2 δημιουργείται μαγνητικό πεδίο με τον νότιο πόλο στα δεξιά. Άρα ο μαγνήτης θα δέχεται δύναμη προς τα δεξιά διότι οι ομώνυμοι πόλοι απωθούνται.

- 54.** Τετράγωνο συρμάτινο πλαίσιο ΑΓΔΖ , πλευράς $\ell = 0,50 \text{ m}$ και συνολικής αντίστασης $R_{\text{ολ}} = 0,50 \Omega$, είναι στερεωμένο κατακόρυφα σε πλαστικό αμαξάκι και εισέρχεται με σταυλερή ταχύτητα, μέτρου $|v| = 1,0 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, σε ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης μέτρου $|\vec{B}| = 0,50 \text{ T}$, το οποίο είναι κάθετο στο επίπεδο του πλαισίου και στην ταχύτητα v . Το πλαίσιο αρχίζει να εισέρχεται στο μαγνητικό πεδίο τη χρονική στιγμή $t = 0$.



- i. Για το χρονικό διάστημα που διαρκεί η είσοδος του πλαισίου στο μαγνητικό πεδίο:
 - a. Να υπολογίσετε την ηλεκτρεγερτική δύναμη (Η.Ε.Δ.) από επαγωγή που δημιουργείται στο πλαίσιο.
 - b. Να υπολογίσετε την ένταση του επαγωγικού ρεύματος που διαρρέει το πλαίσιο.
 - c. Να προσδιορίσετε τη φορά του επαγωγικού ρεύματος που διαρρέει το πλαίσιο.
- ii. Να εξηγήσετε γιατί όταν πρέπει να ασκείται εξωτερική δύναμη στο πλαίσιο, παράλληλα προς την ταχύτητά του, έτσι ώστε το πλαίσιο να διατηρεί σταθερή ταχύτητα καθώς εισέρχεται στο μαγνητικό πεδίο.
- iii. Να εξηγήσετε εάν όταν πρέπει να ασκείται εξωτερική δύναμη στο πλαίσιο, παράλληλα προς την ταχύτητά του, έτσι ώστε αυτό να συνεχίσει να κινείται με σταθερή ταχύτητα, καθώς βρίσκεται ολόκληρο μέσα στο μαγνητικό πεδίο.

Λύση:

i.

a.

$$E_{\varepsilon\pi} = |\vec{B}| |\vec{v}| \ell = (0,50 \text{ T}) \times (1,0 \frac{\text{m}}{\text{s}}) \times (0,50 \text{ m}) = 0,25 \text{ V}$$

b.

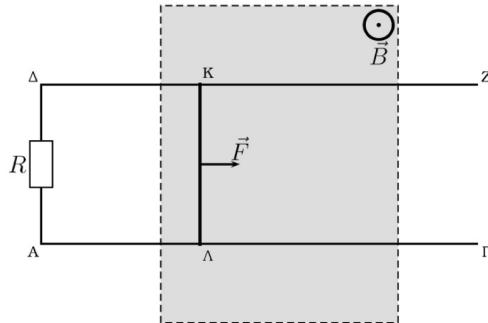
$$I_{\varepsilon\pi} = \frac{E_{\varepsilon\pi}}{R_{o\lambda}} = \frac{0,25 \text{ V}}{0,50 \Omega} 0,5 \text{ A}$$

c. Αριστερόστροφη / AZΔΓΑ

- ii. Σύμφωνα με τον κανόνα του Lenz, λόγω του επαγωγικού ρεύματος, ασκείται στην πλευρά ΑΓ του πλαισίου δύναμη Laplace αντίθετης φοράς με τη φορά κίνησης, δηλαδή προς τα αριστερά. Για να κινείται το πλαίσιο με σταθερή ταχύτητα όταν πρέπει $\Sigma \vec{F} = \vec{0}$ άρα όταν πρέπει να ασκείται, στη πλευρά ΑΓ, εξωτερική δύναμη αντίθετη της δύναμης Laplace.
- iii. Όταν ολόκληρο το πλαίσιο βρίσκεται μέσα στο μαγνητικό πεδίο η μεταβολή της μαγνητικής ροής που το διαπερνά είναι μηδέν ($\Delta\Phi=0$), άρα η συνολική επαγωγική τάση που παράγεται στο πλαίσιο είναι μηδέν και το πλαίσιο δεν διαρρέεται από επαγωγικό ρεύμα.

Συνεπώς, δεν όταν ασκείται σε αυτό μαγνητική δύναμη Laplace και γι' αυτό δεν όταν απαιτείται εξωτερική δύναμη για την κίνησή του με σταθερή ταχύτητα

55. Αγώγιμη ράβδος ΚΛ είναι τοποθετημένη πάνω σε δύο αγωγούς ΑΓ και ΔΖ μεγάλου μήκους, πάνω στους οποίους μπορεί να κινείται χωρίς τριβές. Τα άκρα Α και Δ συνδέονται με ωμική αντίσταση $R = 10 \Omega$ με αγώγιμα καλώδια, όπως δείχνει το σχήμα. Οι αγωγοί απέχουν από σταση $l = 0,5 \text{ m}$ μεταξύ τους. Η ράβδος και οι αγωγοί έχουν αμελητέα ωμική αντίσταση. Το σύστημα των αγωγών και της ράβδου είναι οριζόντιο και τμήμα του βρίσκεται μέσα σε κατακόρυφο ομογενές μαγνητικό πεδίο μαγνητικής επαγωγής $B = 0,4 \text{ T}$. Η ράβδος ΚΛ βρίσκεται στο μαγνητικό πεδίο και κινείται προς τα δεξιά με σταθερή ταχύτητα $v = 0,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, υπό την επίδραση σταθερής εξωτερικής δύναμης \vec{F} .



- Να προσδιορίσετε την πολικότητα της επαγωγικής τάσης στα άκρα της ράβδου ΚΛ.
- Να υπολογίσετε την τιμή της επαγωγικής τάσης που αναπτύσσεται στα άκρα της ράβδου ΚΛ.
- Να υπολογίσετε την ένταση του επαγωγικού ρεύματος που διαρρέει την αντίσταση R.
- Να υπολογίσετε το μέτρο της δύναμης Laplace, που ασκείται στη ράβδο ΚΛ.
- Να προσδιορίσετε το μέτρο της εξωτερικής δύναμης \vec{F} .
- Όταν η ράβδος ΚΛ εξέλθει από το μαγνητικό πεδίο η σταθερή εξωτερική δύναμη παύει να ασκείται. Να περιγράψετε την κίνηση της ράβδου μετά την έξοδό της από το μαγνητικό πεδίο.

Λύση:

- $\Lambda(+), K(-)$
- Η τάση που αναπτύσσεται στα άκρα του αγωγού ΚΛ δίνεται από τη σχέση:

$$E_{\varepsilon\pi} = B \cdot v \cdot l = 0,4 \text{ T} \cdot 0,5 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 0,5 \text{ m} = 0,1 \text{ V}$$

iii.

$$I_{\varepsilon\pi} = \frac{E_{\varepsilon\pi}}{R} = \frac{0,1 \text{ V}}{10 \Omega} = 0,01 \text{ A}$$

iv.

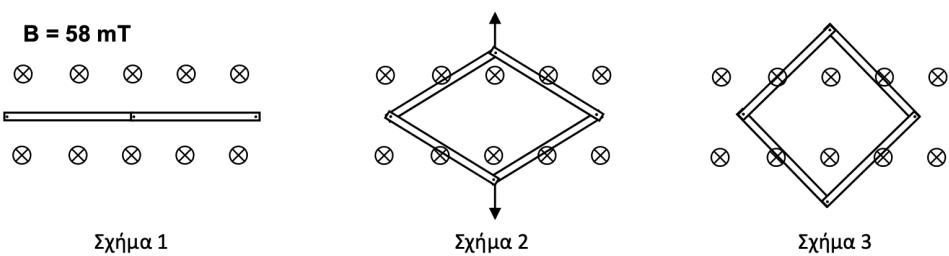
$$F_L = B \cdot I \cdot l = 0,4 \text{ T} \cdot 0,01 \text{ A} \cdot 0,5 \text{ m} = 0,002 \text{ N}$$

v.

$$v = \sigma t \alpha \theta \implies \sum F = 0 \implies F = F_L = 0,002 \text{ N}$$

vi. Η δύναμη Laplace θα μηδενιστεί, αφού η ράβδος δεν θα κινείται μέσα σε μαγνητικό πεδίο.
Άρα η ράβδος θα κινείται με σταθερή ταχύτητα $u = 0.5 \text{ m/s}$.

56. Αρθρωτό αγώγιμο πλαίσιο είναι κάθετα τοποθετημένο σε ομογενές μαγνητικό πεδίο. Αρχικά το πλαίσιο είναι κλειστό (Σχήμα 1). Στη συνέχεια το πλαίσιο αλλάζει σχήμα και μετατρέπεται σε τετράγωνο (Σχήματα 2 και 3), διατηρώντας το επίπεδό του συνεχώς κάθετο στο μαγνητικό πεδίο.



i. Να εξηγήσετε γιατί δημιουργείται ΗΕΔ στο πλαίσιο, καθώς αυτό μετατρέπεται από την αρχική του μορφή σε τετράγωνο.

ii. Να γράψετε αν η φορά του ηλεκτρικού ρεύματος στο πλαίσιο, κατά την ανάπτυξή του σε τετράγωνο, είναι αριστερόστροφη ή δεξιόστροφη. Να εξηγήσετε την απάντησή σας.

iii. Το πλαίσιο μετατρέπεται από τη μορφή που είχε στο σχήμα 1 στη μορφή που έχει στο Σχήμα 3 σε χρονικό διάστημα $\Delta t = 63 \text{ ms}$. Η μαγνητική επαγωγή του πεδίου έχει μέτρο $|\vec{B}| = 58 \text{ mT}$. Η αντίσταση του πλαισίου είναι $R = 0,44 \Omega$ και το μήκος κάθε πλευράς του είναι 12 cm. Να θεωρήσετε το πάχος των πλευρών του πλαισίου αμελητέο.

Να υπολογίσετε τη μέση ένταση του ρεύματος, που διαρρέει το πλαίσιο κατά τη διάρκεια αυτής της μετατροπής.

Λύση:

i. Λόγω μεταβολής του εμβαδού του πλαισίου μεταβάλλεται η μαγνητική ροή που διέρχεται μέσα από το πλαίσιο με αποτέλεσμα να δημιουργείται ΗΕΔ στο πλαίσιο (Νόμος του Faraday).

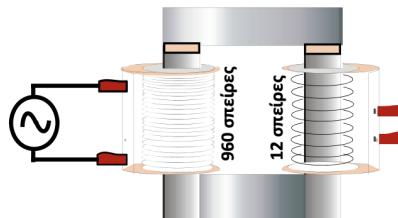
ii. Η φορά του ρεύματος είναι αριστερόστροφη. Επειδή η μαγνητική ροή μέσα από το πλαίσιο αυξάνεται, το αριστερόστροφο ρεύμα δημιουργεί μαγνητικό πεδίο αντίθετης φοράς με το αρχικό, όπως αναμένεται από τον νόμο του Lenz.

iii.

$$E_{\varepsilon\pi} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -B \frac{\Delta S}{\Delta t} = -B \frac{L^2}{\Delta t}$$

$$I_{\varepsilon\pi} = -\frac{E_{\varepsilon\pi}}{R} = -\frac{B}{R} \frac{L^2}{\Delta t} = -\frac{(58 \times 10^{-3} \text{ T})(0,12 \text{ m})^2}{(0,44 \Omega) \times (0,063 \text{ s})} = -0,030 \text{ A}$$

57. Το πιο κάτω σχήμα δείχνει ένα μετασχηματιστή, που περιέχει ένα πυρήνα μαλακού σιδήρου. Στο ένα σκέλος του πυρήνα τοποθετείται πηνίο 960 σπειρών. Στο άλλο σκέλος τυλίγεται χαλαρά σύρμα σε μορφή πηνίου 12 σπειρών. Στα άκρα του πηνίου των 960 σπειρών εφαρμόζεται εναλλασσόμενη τάση 240 V.



- i. Να εξηγήσετε αν ένας λαμπτήρας, τάσης κανονικής λειτουργίας 3V, θα φωτοβολεί κανονικά αν συνδεθεί στα άκρα του δευτερεύοντος πηνίου.
- ii. Να γράψετε αν επηρεάζεται η φωτοβολία του λαμπτήρα από το γεγονός ότι το δευτερεύον πηνίο δεν είναι τυλιγμένο σφικτά στον πυρήνα και να εξηγήσετε την απάντησή σας.
- iii. Να εξηγήσετε γιατί θα μειωθεί η φωτοβολία του λαμπτήρα, όταν αφαιρέσουμε το πάνω μέρος του πυρήνα.

Λύση:

i.

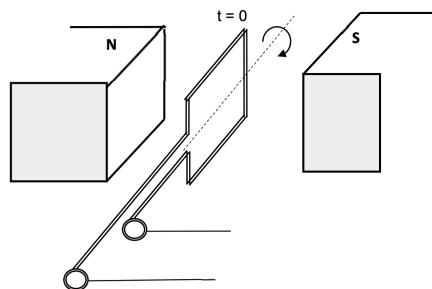
$$\frac{V_{\delta e v \tau}}{V_{\pi \rho \omega \tau}} = \frac{N_{\delta e v \tau}}{N_{\pi \rho \omega \tau}} \Rightarrow V_{\delta e v \tau} = \frac{N_{\delta e v \tau}}{N_{\pi \rho \omega \tau}} \times V_{\pi \rho \omega \tau} = \frac{12}{960} \times (240 \text{ V}) = 3 \text{ V}$$

Άρα ο λαμπτήρας θα λειτουργεί κανονικά.

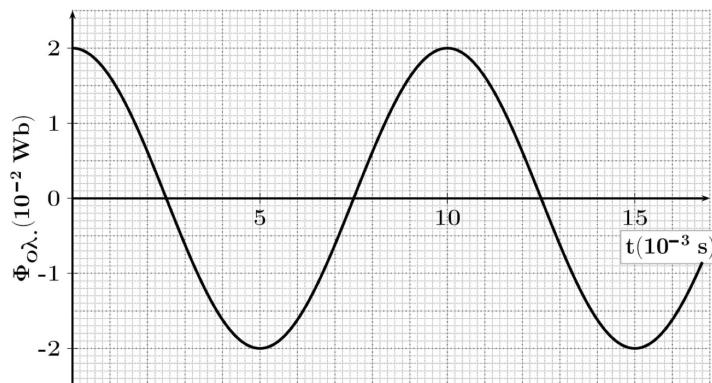
ii. Η φωτοβολία του λαμπτήρα δεν θα επηρεαστεί. Η μεταβολή της μαγνητικής ροής στο δευτερεύον πηνίο είναι η ίδια είτε οι σπείρες είναι χαλαρά τυλιγμένες είτε είναι σφιχτά τυλιγμένες στον πυρήνα.

iii. Όταν αφαιρεθεί το πάνω μέρος του πυρήνα, η μαγνητική σύζευξη μεταξύ των δύο πηνίων ελαττώνεται με αποτέλεσμα η μαγνητική ροή που διαπερνά το δευτερεύον πηνίο να μειωθεί. Αυτή η μείωση οδηγεί σε μείωση της ΗΕΔ στο δευτερεύον και η φωτοβολία του λαμπτήρα θα μειωθεί πολύ.

58. Το διάγραμμα δείχνει μια ηλεκτρική γεννήτρια, η οποία αποτελείται από ένα επίπεδο πηνίο, που μπορεί να περιστρέφεται σε ομογενές μαγνητικό πεδίο. Το πηνίο έχει 500 σπείρες. Κάθε σπείρα έχει εμβαδόν $2,5 \times 10^{-3} \text{ m}^2$. Τη χρονική στιγμή $t = 0$ το πηνίο είναι κάθετο στις δυναμικές γραμμές του μαγνητικού πεδίου.



Κατά την περιστροφή του πηνίου, η συνολική μαγνητική ροή μέσα από το πηνίο μεταβάλλεται με τον χρόνο όπως δείχνει η πιο κάτω γραφική παράσταση.



- i. Να υπολογίσετε τη συχνότητα περιστροφής του πηνίου.
- ii. Να υπολογίσετε τη μαγνητική επαγωγή του ομογενούς μαγνητικού πεδίου, μέσα στο οποίο βρίσκεται το πηνίο.
- iii. Να εξηγήσετε γιατί αναπτύσσεται ηλεκτρεγερτική δύναμη (ΗΕΔ) στα άκρα του πηνίου.
- iv. Να υπολογίσετε τη μέγιστη ΗΕΔ που αναπτύσσεται στα άκρα του πηνίου.
- v. Να σχεδιάσετε τη γραφική παράσταση της ΗΕΔ στο πηνίο για το χρονικό διάστημα $0 - 15 \times 10^{-3} \text{ s}$.

Λύση:

i.

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{10 \times 10^{-3} \text{ s}} = 100 \text{ Hz}$$

ii.

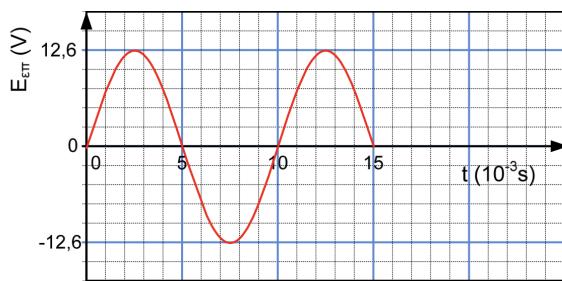
$$\Phi_{o\lambda_{\max}} = NBS \implies B = \frac{\Phi_{o\lambda_{\max}}}{NS} = \frac{2 \times 10^{-2} \text{ Wb}}{500 \times 2,5 \times 10^{-3} \text{ m}^2} = 0,016 \text{ T}$$

iii. Λόγω της περιστροφής του πηνίου μεταβάλλεται η μαγνητική ροή μέσα από αυτό.

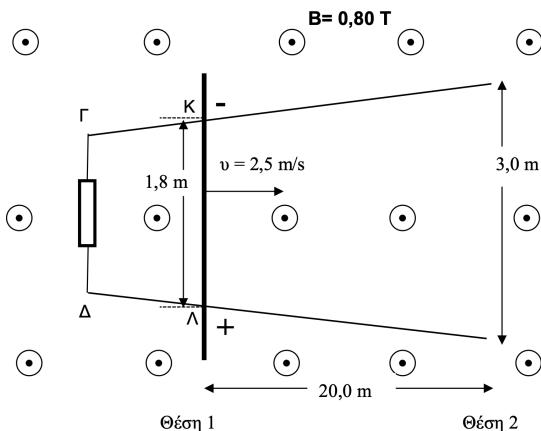
iv.

$$E_0 = N \cdot B \cdot S \cdot \omega = N \cdot B \cdot S \cdot 2\pi f = 500 \times 0,016 \text{ T} \times 2,5 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \times 2 \times 3,14 \times 100 \text{ Hz} = 12,6 \text{ V}$$

v.



59. Μια αγώγιμη ράβδος κινείται σε οριζόντιο επίπεδο με σταθερή οριζόντια ταχύτητα πάνω σε μη παράλληλες αγώγιμες ράγες όπως φαίνεται στο σχήμα. Η όλη διάταξη βρίσκεται σε ομογενές μαγνητικό πεδίο $B = 0,80 \text{ T}$, το οποίο είναι κάθετο στο οριζόντιο επίπεδο και με φορά που φαίνεται στο σχήμα. Οι δύο ράγες συνδέονται στο ένα άκρο τους με αντιστάτη. Οι ράγες και η ράβδος έχουν αμελητέα ωμική αντίσταση. Το σχήμα δεν είναι υπό κλίμακα.



- Να προσδιορίσετε την πολικότητα της επαγωγικής τάσης VKL, όπου Κ και Λ είναι τα σημεία επαφής της ράβδου με τις ράγες, και να εξηγήσετε πως φτάσατε στην απάντησή σας.
- Η ράβδος κινείται με σταθερή ταχύτητα 2.5 m/s . Να εξηγήσετε γιατί η επαγωγική τάση VKL αυξάνεται.
- Τη χρονική στιγμή $t = 0 \text{ s}$ η ράβδος βρίσκεται στη θέση 1. Να υπολογίσετε τη μέση τιμή της επαγωγικής τάσης για τη μετατόπιση της ράβδου κατά 20.0 m από τη θέση 1 στη θέση 2.

Λύση:

- $K(-), \Lambda(+)$ (μετατόπιση ηλεκτρονίων λόγω δυνάμεων Laplace/ κανόνα του Lenz / κανόνα του δεξιού χεριού).
- Ο ρυθμός μεταβολής του εμβαδού αυξάνεται επομένως αυξάνεται και η επαγωγική τάση.

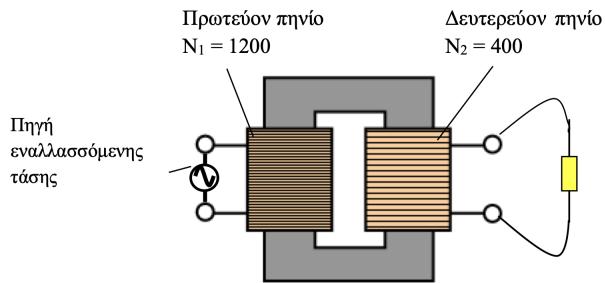
$$E_{\varepsilon\pi} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -\frac{B\Delta S}{\Delta t}$$

iii.

$$\Delta S = \frac{(1.8 \text{ m} + 3.0 \text{ m}) \cdot (20.0 \text{ m})}{2} = 48 \text{ m}^2, \quad \Delta t = \frac{\Delta x}{v} = \frac{20.0 \text{ m}}{2.5 \text{ m/s}} = 8 \text{ s}$$

$$E_{\varepsilon\pi} = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{B\Delta S}{\Delta t} \rightarrow E_{\varepsilon\pi} = \frac{(0.80 \text{ T})(48 \text{ m}^2)}{8} = 4.8 \text{ V}$$

60. Στο πιο κάτω σχήμα φαίνεται ένας μετασχηματιστής.

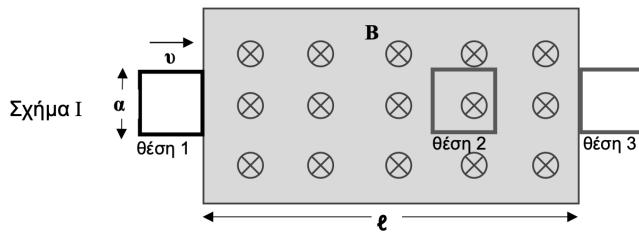


- Να αναφέρετε αν αυτός ο μετασχηματιστής ανυψώνει ή υποβιβάζει την τάση.
- Η πηγή εναλλασσόμενης τάσης αντικαθίσταται με μπαταρία συνεχούς τάσης. Να εξηγήσετε κατά πόσο ο μετασχηματιστής θα λειτουργεί ή όχι.
- Να εξηγήσετε τον ρόλο των μετασχηματιστών στις γραμμές μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας.
- Να ορίσετε το φαινόμενο της αμοιβαίας επαγωγής.

Λύση:

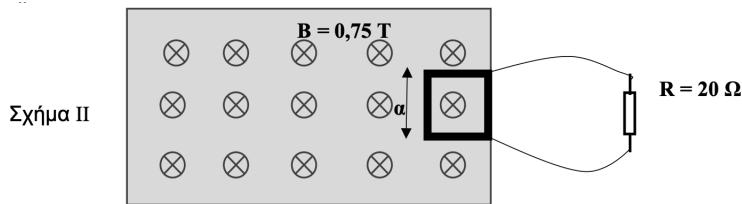
- Υποβιβάζει την τάση ($N_1 > N_2$).
- Δεν θα λειτουργεί. Για να εμφανίζεται επαγωγική τάση στο δευτερεύον πηνίο πρέπει να μεταβάλλεται η μαγνητική ροή που το διαπερνά την οποία την προκαλεί το πρωτεύον.
- Ανύψωση της τάσης για μείωση των απώλειών ενέργειας στις γραμμές μεταφοράς. Υποβιβασμός της τάσης για οικιακή ή βιομηχανική χρήση.
- Το φαινόμενο κατά το οποίο εμφανίζεται επαγωγική τάση στα άκρα κυκλώματος λόγω της μεταβολής της μαγνητικής ροής σε ένα γειτονικό κύκλωμα.

61. Ένα τετράγωνο χάλκινο πλαίσιο πλευράς a κινείται με σταθερή ταχύτητα μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο από τη θέση 1 προς τη θέση 3 όπως φαίνεται στο σχήμα I, όπου $l = 6a$.



i. Να εξηγήσετε γιατί δεν παρατηρείται επαγωγική τάση στο πλαίσιο όταν αυτό βρίσκεται στις θέσεις 1, 2 και 3.

ii. Ένα τετράγωνο πηνίο με 300 σπείρες και πλευράς $a = 0,12 \text{ m}$ τοποθετείται σε ομογενές μαγνητικό πεδίο μαγνητικής επαγωγής $0,75 \text{ T}$. Το πηνίο έχει αμελητέα αντίσταση και συνδέεται με ωμικό αντιστάτη αντίστασης 20Ω , όπως φαίνεται στο σχήμα II. Για να εξέλθει το πηνίο πλήρως από το μαγνητικό πεδίο απαιτείται χρονικό διάστημα $\Delta t = 0,27 \text{ s}$.



Για το πιο πάνω χρονικό διάστημα να υπολογίσετε:

- τη μέση τιμή της επαγωγικής τάσης που αναπτύσσεται στο πηνίο.
- τη μέση τιμή του επαγωγικού ρεύματος που διαρρέει την αντίσταση R .

Λύση:

i. Δεν εμφανίζεται επαγωγική τάση γιατί δεν μεταβάλλεται η μαγνητική ροή.

ii.

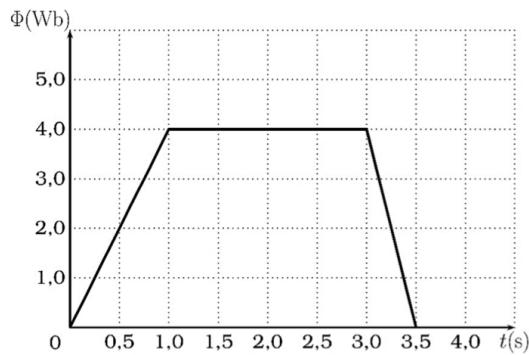
a.

$$E = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \rightarrow E = 300 \frac{(0,75 \text{ T})(0,0144 \text{ m}^2)}{0,27 \text{ s}} = 12 \text{ V}$$

b.

$$I_{\varepsilon\pi} = \frac{E_{\varepsilon\pi}}{R} = \frac{12 \text{ V}}{20 \Omega} = 0,6 \text{ A}$$

62. Στο πιο κάτω σχήμα δίνεται το διάγραμμα της μαγνητικής ροής σε συνάρτηση με το χρόνο, που περνά μέσα από ανοιχτό πλαίσιο.



Να υπολογίσετε την επαγωγική τάση που αναπτύσσεται στα άκρα του πλαισίου στα χρονικά διαστήματα:

Λύση:

i.

$$E_{\varepsilon\pi} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -4 \text{ V},$$

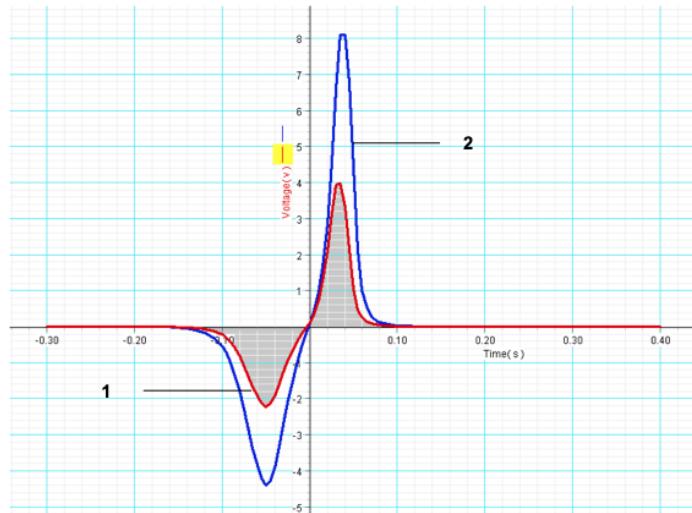
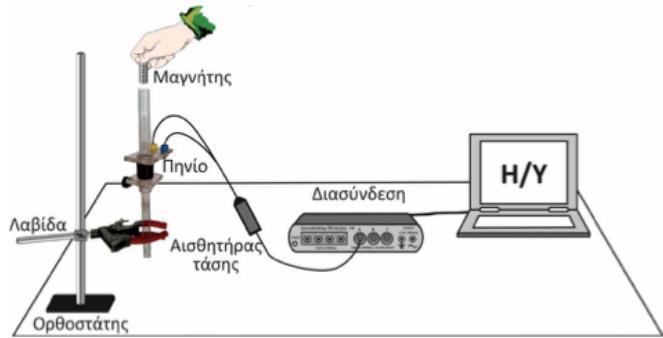
ii.

$$E_{\varepsilon\pi} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = 0 \text{ V},$$

iii.

$$E_{\varepsilon\pi} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = +8 \text{ V},$$

63. Σε πειραματική μελέτη του φαινομένου της επαγωγής, με αισθητήρα τάσης και διασύνδεση, χρησιμοποιήθηκε η πιο κάτω διάταξη: ένας μαγνήτης αφήνεται να πέσει από κάποιο ύψος και να περάσει μέσα από πηνίο, το οποίο είναι συνδεδεμένο με τον αισθητήρα τάσης. Στην οιθόνη του υπολογιστή λήφθηκαν οι πιο κάτω γραφικές παραστάσεις, 1 και 2, που αντιστοιχούν σε δύο διαφορετικές εκτελέσεις του πειράματος. Οι γραφικές παραστάσεις δίνουν την επαγόμενη τάση σε συνάρτηση με τον χρόνο, όταν αφήνουμε τον μαγνήτη να πέσει ελεύθερα και να περάσει μέσα από το πηνίο.



- Να εξηγήσετε γιατί επάγεται τάση στα άκρα του πηνίου, αναφέροντας και τον σχετικό νόμο.
- Να αναφέρετε ποιο φυσικό μέγεθος εκφράζει το εμβαδόν της σκιασμένης περιοχής στη γραφική παράσταση 1.
- Τα εμβαδά των σκιασμένων περιοχών στις δύο πλευρές του κατακόρυφου άξονα είναι ίσα κατά απόλυτη τιμή. Να εξηγήσετε γιατί ισχύει αυτή η διαπίστωση.
- Να γράψετε δύο πιθανές αλλαγές που έγιναν στην πειραματική διαδικασία σε σχέση με την εκτέλεση 1, ώστε να ληφθεί η γραφική παράσταση 2.

Λύση:

i. Κατά τη διέλευση του μαγνήτη μεταβάλλεται η μαγνητική ροή μέσω του πηνίου, άρα σύμφωνα με τον νόμο του Faraday:

$$\Delta\Phi \neq 0 \Rightarrow E_{\varepsilon\pi} \neq 0.$$

ii. Το εμβαδόν της σκιασμένης περιοχής εκφράζει τη μεταβολή της μαγνητικής ροής ($\Delta\Phi$) (ή αρνητική μεταβολή $-\Delta\Phi$), δηλαδή τη μαγνητική ροή που αντιστοιχεί στη συγκεκριμένη χρονική μεταβολή.

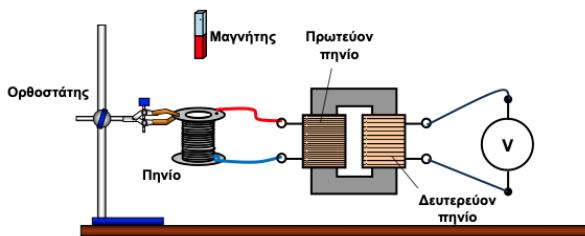
iii. Η μεταβολή της μαγνητικής ροής κατά την είσοδο του μαγνήτη στο πηνίο είναι αντίθετη από τη μεταβολή κατά την έξοδό του. Άρα:

$$\Delta\Phi_{\text{εισ.}} = -\Delta\Phi_{\text{εξ.}} \Rightarrow |\Delta\Phi_{\text{εισ.}}| = |\Delta\Phi_{\text{εξ.}}| \quad (\text{ίσα εμβαδά κατά απόλυτη τιμή}).$$

iv. Δύο από τις ακόλουθες αλλαγές:

- Χρήση πηνίου με περισσότερες σπείρες ($N \uparrow$).
- Χρήση πηνίου με μεγαλύτερο εμβαδό διατομής ($S \uparrow$).
- Χρήση ισχυρότερου μαγνήτη (μεγαλύτερης μαγνητικής επαγωγής).

64. Σε ένα δεύτερο πείραμα, αποσυνδέουμε τον αισθητήρα τάσης και συνδέουμε στα άκρα του πηνίου την πιο κάτω διάταξη, η οποία αποτελείται από δύο άλλα πηνία συζευγμένα μεταξύ τους, όπως φαίνεται στο σχήμα. Το πρωτεύον πηνίο έχει περισσότερες σπείρες από το δευτερεύον.



i. Να αναφέρετε το φαινόμενο που συμβαίνει στη διάταξη με το πρωτεύον και το δευτερεύον πηνίο κατά τη διέλευση του μαγνήτη μέσα από το πηνίο.

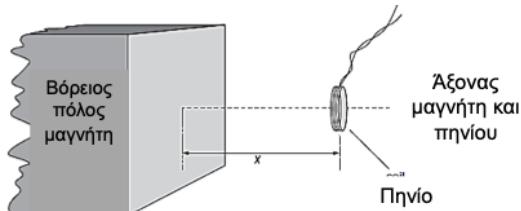
ii. Να εξηγήσετε κατά πόσο η μέγιστη τιμή της τάσης που θα έχουμε στο δευτερεύον πηνίο θα είναι μεγαλύτερη, μικρότερη ή ίση με τη μέγιστη τάση εισόδου στο πρωτεύον πηνίο κατά τη διέλευση του μαγνήτη μέσα από το πηνίο.

iii. Να γράψετε τι θα παρατηρήσουμε στην ένδειξη του βολτομέτρου, αν αντικαταστήσουμε την τάση εισόδου στο πρωτεύον πηνίο με πηγή συνεχούς τάσης.

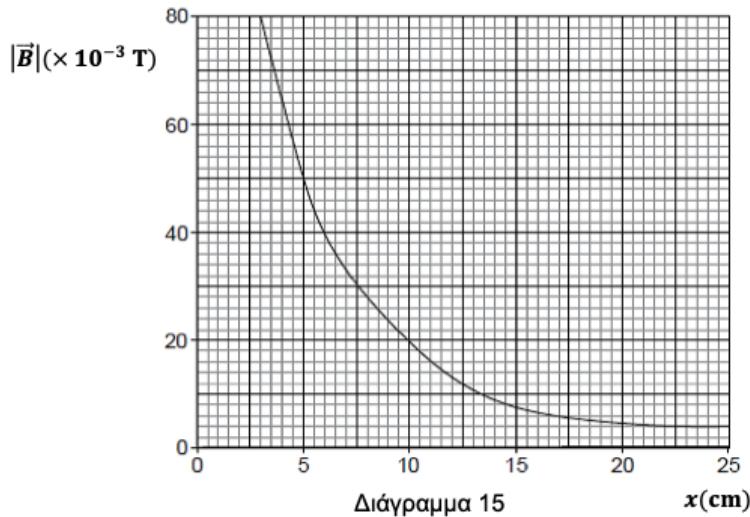
Λύση:

- Το φαινόμενο που παρατηρείται είναι η αμοιβαία επαγωγή.
 - Η μέγιστη τιμή της τάσης στο δευτερεύον πηνίο θα είναι μικρότερη, επειδή ισχύει ότι $N_2 < N_1$ (λόγος μετασχηματισμού). Άρα:
- $$V_{0,2} < V_{0,1}$$
- Αν αντικαταστήσουμε την τάση εισόδου στο πρωτεύον πηνίο με πηγή συνεχούς τάσης, η ένδειξη του βολτομέτρου θα είναι μηδενική, επειδή δεν μεταβάλλεται η μαγνητική ροή.

- 65.** Ένα πηνίο μικρού μήκους τοποθετείται μπροστά από τον βόρειο πόλο ενός ραβδόμορφου μαγνήτη, με τον άξονά του να διέρχεται από το κέντρο του μαγνήτη. Το εμβαδόν του πηνίου είναι $A = 4 \times 10^{-3} \text{ m}^2$ και αποτελείται από $N = 5$ σπείρες αμελητέας αντίστασης.



Το μέτρο της έντασης $|\vec{B}|$ του μαγνητικού πεδίου κατά μήκος του άξονα του πηνίου μεταβάλλεται με την απόσταση x του πηνίου από τον μαγνήτη, όπως στο διάγραμμα:



- Το πηνίο βρίσκεται αρχικά σε απόσταση $x = 5,0 \text{ cm}$ από τον μαγνήτη.
 - Να προσδιορίσετε το μέτρο της έντασης $|\vec{B}|$ του μαγνητικού πεδίου.
 - Να υπολογίσετε τη μαγνητική ροή Φ που διέρχεται μέσα από χάμη σπείρα του πηνίου.

ii. Το πηνίο κινείται κατά μήκος του áξονά του από 5,0 cm σε 10,0 cm μακριά από τον μαγνήτη μέσα σε χρόνο 0,25 s.

- Να υπολογίσετε τη μεταβολή της μαγνητικής ροής $\Delta\Phi$ που διέρχεται μέσα από κάθε σπείρα.
- Να υπολογίσετε τη μέση τιμή του επαγωγικού ρεύματος $I_{\varepsilon\pi}$ αν στα áκρα του πηνίου συνδεθεί αντίσταση $R = 2 \Omega$.

iii. Στη συνέχεια μετακινούμε ταυτόχρονα τον μαγνήτη και το πηνίο προς τα δεξιά με την ίδια κατά μέτρο ταχύτητα. Να εξηγήσετε γιατί στη διάρκεια αυτής της μετακίνησης δεν θα εμφανιστεί επαγωγική τάση στα áκρα του πηνίου.

Λύση:

i.

a. Από το διάγραμμα: $|\vec{B}| = 50 \times 10^{-3} \text{ T}$.

b.

$$\Phi = |\vec{B}| A \sin 0 = (50 \times 10^{-3}) (4 \times 10^{-3}) = 2 \times 10^{-4} \text{ Wb}$$

ii.

a. Στη θέση $x = 10 \text{ cm}$: $|\vec{B}| = 20 \times 10^{-3} \text{ T}$ (από το διάγραμμα), άρα

$$\Phi_{\tau\lambda} = (20 \times 10^{-3}) (4 \times 10^{-3}) \sin 0 = 0,8 \times 10^{-4} \text{ Wb},$$

$$\Delta\Phi = \Phi_{\tau\lambda} - \Phi_{\alpha\rho\chi} = 0,8 \times 10^{-4} - 2 \times 10^{-4} = -1,2 \times 10^{-4} \text{ Wb}.$$

b.

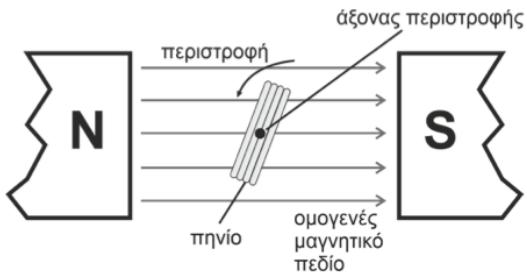
$$E_{\varepsilon\pi} = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -5 \cdot \frac{-1,2 \times 10^{-4}}{0,25} = 2,4 \times 10^{-3} \text{ V}$$

$$I_{\varepsilon\pi} = \frac{E_{\varepsilon\pi}}{R} = \frac{2,4 \times 10^{-3}}{2} = 1,2 \times 10^{-3} \text{ A}.$$

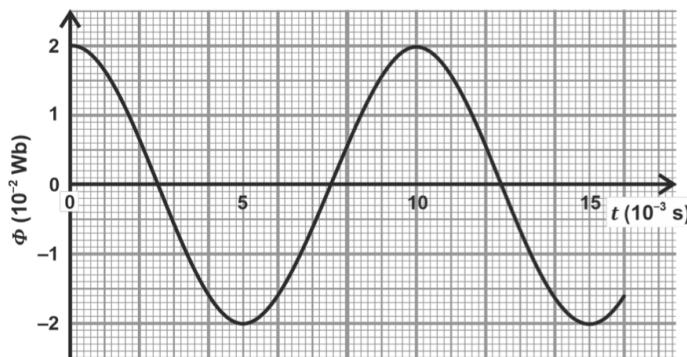
iii. Η απόσταση x παραμένει σταθερή, άρα και το $|\vec{B}|$ στο πηνίο. Η μαγνητική ροή Φ δεν μεταβάλλεται και επομένως

$$E_{\varepsilon\pi} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = 0.$$

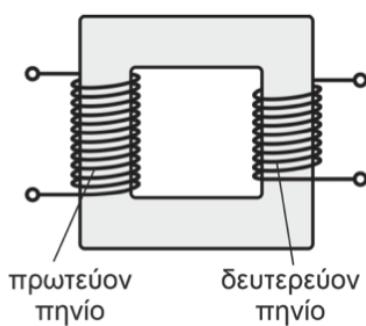
66. Ένα πηνίο περιστρέφεται με σταθερή συχνότητα μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο, ως προς άξονα κάθετο στη σελίδα.



Το πηνίο έχει $N = 500$ σπείρες και κάθε σπείρα εμβαδόν $S = 2,5 \times 10^{-3} \text{ m}^2$. Η Γραφική Παράσταση δείχνει πώς μεταβάλλεται η ολική μαγνητική ροή στο πηνίο με τον χρόνο.



- Να υπολογίσετε τον αριθμό στροφών ανά λεπτό που κάνει το πηνίο.
- Να προσδιορίσετε το μέτρο της μαγνητικής επαγωγής $|\vec{B}|$ του πεδίου.
- Να υπολογίσετε τη μέγιστη τιμή της επαγόμενης ΗΕΔ από την περιστροφή του πηνίου.
 - Να σχεδιάσετε, για το χρονικό διάστημα $0 \leq t \leq 10 \times 10^{-3} \text{ s}$, το γράφημα της $\varepsilon_{\text{επ}}(t)$.
- Η $\varepsilon_{\text{επ}}$ του (iii.) εφαρμόζεται στο πρωτεύον κυκλώμα μετασχηματιστή. Να συγχρίνετε τη μέγιστη ΗΕΔ στο πρωτεύον με τη μέγιστη ΗΕΔ που εμφανίζεται στο δευτερεύον.



Λύση:

- i. Από το γράφημα: περίοδος $T = 10 \times 10^{-3} \text{ s}$ ⇒ $f = \frac{1}{T} = 100 \text{ s}^{-1}$. Στροφές ανά λεπτό:

$$\text{rpm} = f (60 \text{ s/min}) = 100 \times 60 = 6000 \text{ rpm.}$$

- ii. Η ολική ροή στο πηγίο (ροή σύζευξης) έχει μέγιστη τιμή $\Phi_{\max} = 2 \times 10^{-2} \text{ Wb}$ (από το γράφημα). Ισχύει $\Phi_{\max} = N |\vec{B}| S \Rightarrow$

$$|\vec{B}| = \frac{\Phi_{\max}}{NS} = \frac{2 \times 10^{-2}}{500 \cdot 2,5 \times 10^{-3}} = 1,6 \times 10^{-2} \text{ T.}$$

iii.

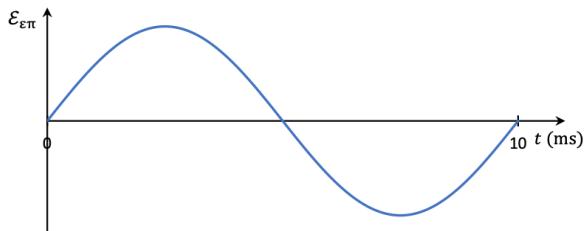
- a. Με $\Phi(t) = \Phi_{\max} \sin(2\pi ft)$ προκύπτει

$$\varepsilon_{\text{επ}}(t) = -\frac{d\Phi}{dt} = (2\pi f) \Phi_{\max} \eta \mu (2\pi ft) \Rightarrow \varepsilon_{\text{επ,max}} = (2\pi f) \Phi_{\max}.$$

Αριθμητικά:

$$\varepsilon_{\text{επ,max}} = 2\pi(100)(2 \times 10^{-2}) \simeq 12,6 \text{ V.}$$

- b. Η έχει περίοδο $T = 10 \text{ ms}$,



- iv. Στον μετασχηματιστή με $N_1 > N_2$ (τυπική διάταξη υποβιβασμού), η μέγιστη ΗΕΔ στο πρωτεύον είναι μεγαλύτερη από τη μέγιστη ΗΕΔ στο δευτερεύον:

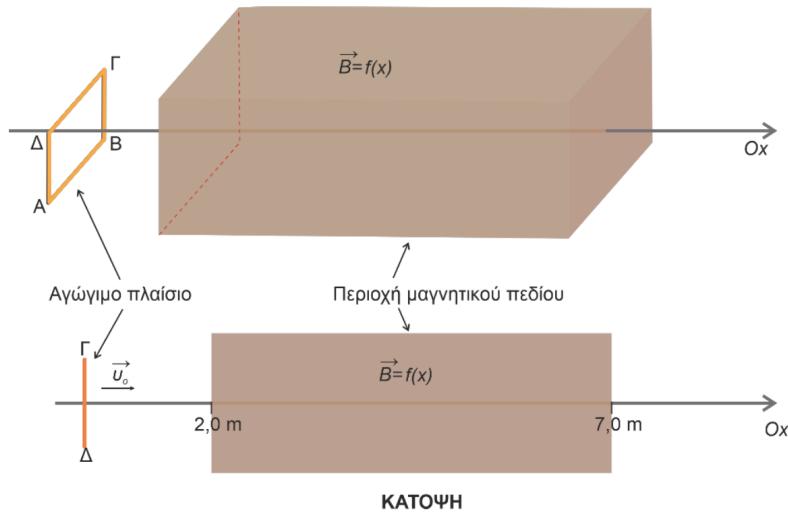
$$\frac{V_{2,\max}}{V_{1,\max}} = \frac{N_2}{N_1} < 1 \Rightarrow V_{1,\max} > V_{2,\max}.$$

67. Ένα τετραγωνικό, αγώγιμο πλαίσιο με εμβαδόν επιφάνειας $A = 0,02 \text{ m}^2$ αρχίζει τη χρονική στιγμή μηδέν να κινείται στη διεύθυνση του άξονα Ox με σταθερή ταχύτητα $v_0 = +0,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

Στη θέση $x_1 = 2,0 \text{ m}$ εισέρχεται σε περιοχή με μαγνητικό πεδίο, το οποίο έχει διεύθυνση κάθετη στην επιφάνεια του πλαισίου και αλγεβρική τιμή που εξαρτάται από τη θέση x και περιγράφεται από τη συνάρτηση

$$B = 0,5 - 0,2(x - x_1) \text{ (mT).}$$

Το μαγνητικό πεδίο εκτείνεται από τη θέση $x_1 = 2,0 \text{ m}$ μέχρι τη θέση $x_2 = 7,0 \text{ m}$. Να θεωρήσετε ότι η ταχύτητα του πλαισίου παραμένει σταθερή κατά την κίνησή του μέσα στο μαγνητικό πεδίο.



- Να αναφέρετε τι μονάδες μέτρησης έχει ο συντελεστής 0,2 στη συνάρτηση του μαγνητικού πεδίου.
- Να υπολογίσετε σε ποια θέση x μηδενίζεται η μαγνητική ροή που διαπερνά την επιφάνεια του πλαισίου.
- Να χαράξετε σε βαθμονομημένους άξονες τη γραφική παράσταση της μαγνητικής ροής Φ συναρτήσει του χρόνου t , από τη χρονική στιγμή $t = 0$ μέχρι τη χρονική στιγμή που το πλαίσιο εξέρχεται από το μαγνητικό πεδίο.
- Να προσδιορίσετε τη φορά του επαγωγικού ρεύματος στην πλευρά $\Gamma\Delta$ του πλαισίου κατά τη διάρκεια της κίνησής του μέσα στο μαγνητικό πεδίο. Αν χρειαστεί, να χωρίσετε το χρονικό διάστημα σε μικρότερα χρονικά τμήματα.

Λύση:

- Ο συντελεστής 0,2 έχει μονάδες μέτρησης $\frac{\text{mT}}{\text{m}}$.

ii. Η μαγνητική ροή $\Phi = BA$. Εφόσον η επιφάνεια του πλαισίου είναι σταθερή, η ροή μηδενίζεται όταν μηδενίζεται το μαγνητικό πεδίο:

$$0,5 - 0,2(x - 2,0) = 0 \Rightarrow -0,2x + 0,4 = -0,5 \Rightarrow x = 4,5 \text{ m.}$$

iii. Το πλαίσιο εισέρχεται στο μαγνητικό πεδίο στη θέση $x_1 = 2,0 \text{ m}$ και εξέρχεται στη θέση $x_2 = 7,0 \text{ m}$. Με $v_0 = 0,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$:

$$t_{\text{είσοδος}} = \frac{x_1}{v_0} = \frac{2,0}{0,5} = 4 \text{ s}, \quad t_{\text{εξόδου}} = \frac{x_2}{v_0} = \frac{7,0}{0,5} = 14 \text{ s}, \quad t_{\text{μηδ. ροής}} = \frac{x_{\text{μηδ.}}}{v_0} = \frac{4,5}{0,5} = 9 \text{ s.}$$

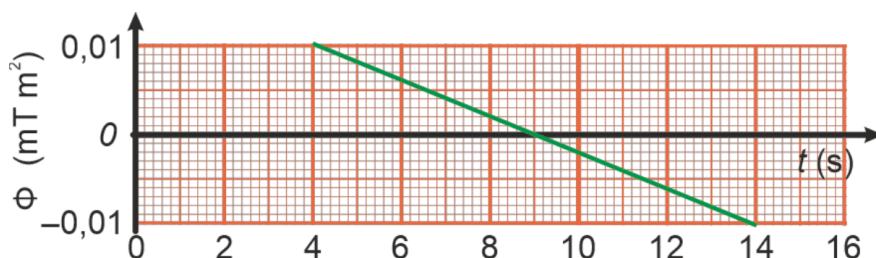
Η ροή στην είσοδο είναι

$$\Phi_{\text{είσοδος}} = (0,02)(0,5 - 0) = 0,01 \text{ mT} \cdot \text{m}^2,$$

και στην έξοδο

$$\Phi_{\text{εξόδου}} = (0,02)(0,5 - 1,0) = -0,01 \text{ mT} \cdot \text{m}^2.$$

Η γραφική παράσταση δίνεται στο παραπάνω διάγραμμα και είναι ευθεία γραμμή που περνά από τα σημεία $(4 \text{ s}, 0,01)$, $(9 \text{ s}, 0)$, $(14 \text{ s}, -0,01)$.



iv. Καθ' όλη τη διάρκεια της κίνησης του πλαισίου μέσα στο μαγνητικό πεδίο, η μαγνητική ροή μειώνεται με τον χρόνο. Άρα, το επαγωγικό ρεύμα έχει φορά ώστε να δημιουργεί μαγνητικό πεδίο που αντιστέκεται στη μείωση της ροής. Συνεπώς, η φορά του επαγωγικού ρεύματος στον κλάδο ΓΔ είναι από το Γ προς το Δ, δηλαδή αντίθετα από τη θετική φορά του άξονα Ox.