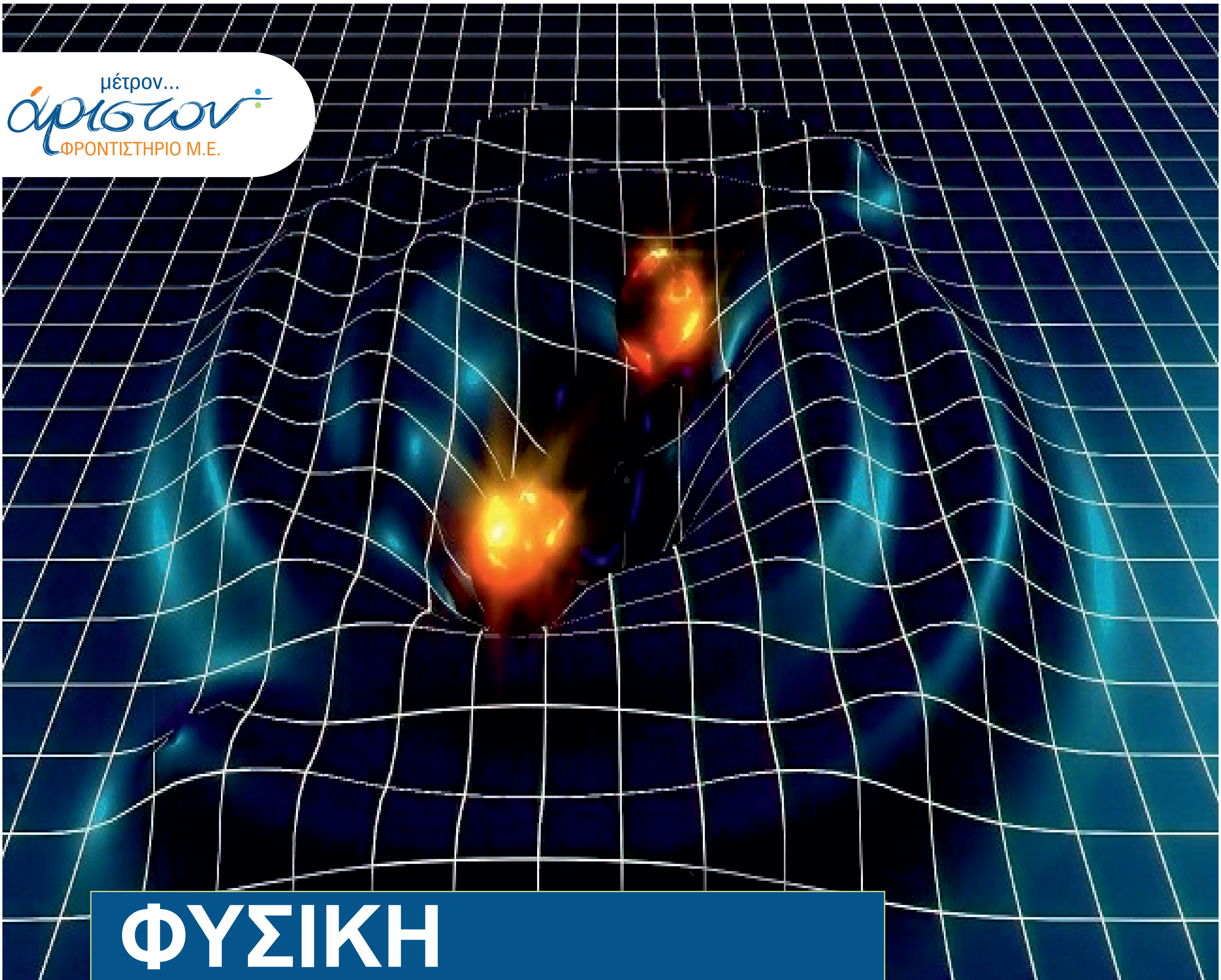
μέτρον... άριστον
ΦΡΟΝΤΙΣΤΗΡΙΟ Μ.Ε.



ΦΥΣΙΚΗ
γ΄λυκείου
Θετικού προσανατολισμού

Πολίτης Άρης

Τόμος Α

Κρούσεις
Ταλαντώσεις
Κύματα
Ρευστά

- **Θεωρία αλλά και επεκτάσεις της θεωρίας**
- **Μεθοδολογίες και στρατηγικές επίλυσης των ασκήσεων**
- **Θέματα προς λύση**

♦ **ΘΕΜΑ Α :** Περιέχει ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής και ερωτήσεις Σωστού - Λάθους.

♦ **ΘΕΜΑ Β :** Περιέχει ερωτήσεις ανάπτυξης με αιτιολόγηση.

♦ **ΘΕΜΑ Γ :** Περιέχεις ασκήσεις και προβλήματα στο πνεύμα των εξετάσεων.

♦ **ΘΕΜΑ Δ :** Περιέχει σύνθετες ασκήσεις και προβλήματα αυξημένης δυσκολίας.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ ΤΟΜΟΥ Α

Το βιβλίο αυτό απευθύνεται στους μαθητές της Γ΄ Λυκείου του προσανατολισμού θετικών σπουδών και επιστημών υγείας, με σκοπό την ολοκληρωμένη προετοιμασία τους για τις πανελλήνιες εξετάσεις.

Ο πρωταρχικός στόχος μου είναι ο μαθητής να κατανοήσει σε βάθος τις έννοιες των φυσικών μεγεθών και φαινομένων που πραγματεύεται η ύλη της φυσικής της Γ΄ Λυκείου και στη συνέχεια να δοκιμάσει να λύσει θέματα κάθε τύπου Α , Β , Γ , Δ , όπως ακριβώς ζητούνται στις πανελλήνιες εξετάσεις.

Ο σχεδιασμός και η δομή του βιβλίου αυτού είναι τέτοιος ώστε ο μαθητής να μπορέσει να κατανοήσει ότι διαβάζει και να κατηγοριοποιήσει την ύλη αποδίδοντας στη μελέτη του.
Ειδικότερα το βιβλίο αυτό περιέχει μέρος της ύλης , η οποία οργανώνεται σε τρία κεφάλαια:

1. ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ
2. ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΕΠΑΓΩΓΗ
3. ΚΡΟΥΣΕΙΣ
4. ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΙΣ
5. ΡΕΥΣΤΑ

Κάθε κεφάλαιο από τα παραπάνω είναι δομημένο ώστε να περιέχει τα ακόλουθα:

Θεωρία αλλά και **επεκτάσεις** της **θεωρίας**, ώστε ο μαθητής να διαθέτει το αναγκαίο υπόβαθρο που θα τον βοηθήσει να κατανοήσει τα αντικείμενα περιλαμβάνοντας και τις αποδείξεις των σχέσεων.

Μεθοδολογίες και **στρατηγικές επίλυσης** των **ασκήσεων** που συνοδεύονται και από παραδείγματα εφαρμογής τους.

Υποδειγματικά λυμένες ασκήσεις που περιγράφουν τις εξεταζόμενες περιπτώσεις.

Θέματα προς επίλυση ακριβώς όπως θα τα συναντήσει ο μαθητής στις πανελλήνιες εξετάσεις.

► **Θέμα Α:** Περιέχει ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής και ερωτήσεις Σωστού – Λάθους , ώστε να γίνει έλεγχος της θεωρίας.

► **Θέμα Β:** Περιέχει ερωτήσεις ανάπτυξης στις οποίες ο μαθητής καλείται να αιτιολογήσει την απάντησή του λύνοντας μια μικρή άσκηση χωρίς «νούμερα».

► **Θέμα Γ:** Περιέχει ασκήσεις και προβλήματα στο πνεύμα και τις απαιτήσεις των εξετάσεων.

► **Θέμα Δ:** Περιέχει σύνθετες ασκήσεις και προβλήματα αυξημένης δυσκολίας , στα οποία η διατύπωση των ερωτημάτων είναι επιστημονικά ακριβής και επιζητά τη σχολαστική μελέτη τους από το μαθητή για την επίλυσή τους.

Σε καθένα από τα παραπάνω θέματα υπάρχουν διακριτά επίπεδα δυσκολίας τα οποία κλιμακώνονται και φυσικά όλες οι **λύσεις των θεμάτων** δίδονται στη διαδικασία του μαθήματος.

Για την καλύτερη αισθητικά παρουσίαση των θεμάτων περιέχονται περί τα **900 σχήματα** που απεικονίζουν τα φαινόμενα που πραγματεύεται η ύλη.

Η επιλογή και φυσικά η επεξεργασία των θεμάτων στηρίχθηκε σε μια εκτεταμένη βιβλιογραφία και απευθύνεται σε **απαιτητικούς μαθητές** που θέλουν να νιώθουν σίγουροι για την ολοκληρωμένη προετοιμασία τους.

Μετά από **είκοσι δύο χρόνια** διδακτικής **εμπειρίας** και παρουσίας μου στην τάξη έχω τη βεβαιότητα ότι το πόνημα αυτό θα βοηθήσει το μαθητή να **αριστεύσει** στο μάθημα της **φυσικής** στις **πανελλήνιες εξετάσεις.**
Είναι ευνόητο ότι θα δεχτώ με μεγάλη χαρά από τους μαθητές μου αλλά και από εκλεκτούς συναδέλφους , τις επισημάνσεις και τις ιδέες τους για τη βελτίωσή του.

Με τις θερμότερες ευχές μου για αποδοτική μελέτη και επιτυχία!

Πολίτης Άρης
Φροντιστής Φυσικός

Μάιος 2020

μέτρον... άριστον ΦΡΟΝΤΙΣΤΗΡΙΟ Μ.Ε.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΕΠΑΓΩΓΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΚΡΟΥΣΕΙΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΙΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ

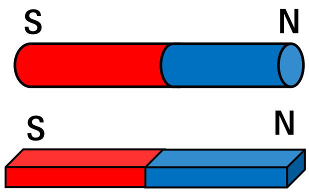
ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ

Το φαινόμενο του **μαγνητισμού** ήταν ήδη γνωστό από τους αρχαίους Έλληνες , οι οποίοι είχαν ανακαλύψει ότι το ορυκτό **μαγνητίτης** (επιτεταρτοξείδιο του σιδήρου, Fe_3O_4) έχει την ιδιότητα να έλκει το σίδηρο (Fe) και μεταγενέστερα βρέθηκαν και άλλα υλικά όπως το κοβάλτιο (Co) και το νικέλιο (Ni) αλλά και διάφορα κράματα ή οξείδια τους.
Ο **μαγνητίτης** ονομάστηκε **φυσικός μαγνήτης** και η ιδιότητά του αυτή , **μαγνητισμός**.

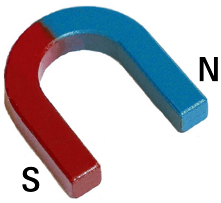
Οι μαγνήτες διακρίνονται στους **φυσικούς** όπως είναι το ορυκτό **μαγνητίτης** και στους **τεχνητούς** που κατασκευάζουμε με διάφορες μεθόδους.

Μόνιμοι μαγνήτες, ονομάζονται οι τεχνητοί μαγνήτες που διατηρούν τις μαγνητικές τους ιδιότητες ακόμα και όταν καταργηθεί το αίτιο που τις προκάλεσε , όπως μια ράβδος από **χάλυβα**.
Οι μόνιμοι μαγνήτες κατασκευάζονται με μορφή ράβδου κυλινδρικού ή πρισματικού σχήματος, **ραβδόμορφοι μαγνήτες** , ή σε μορφή πετάλου , **πεταλοειδής μαγνήτες** ή σε σχήμα **βελόνας**.

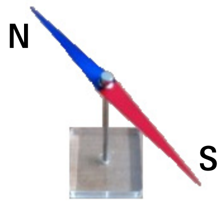
Μαγνητίτης



Ραβδόμορφοι μαγνήτες



Πεταλοειδής μαγνήτης

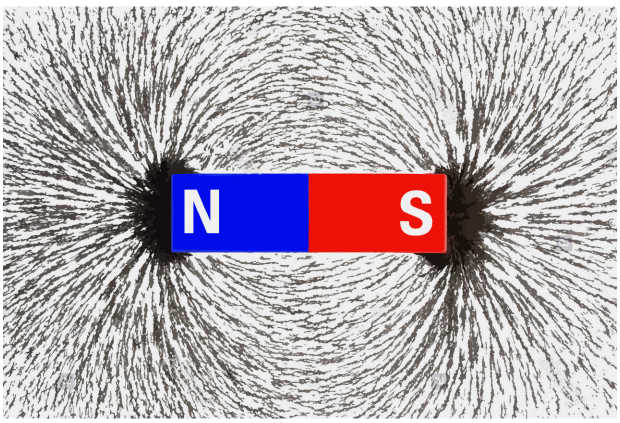


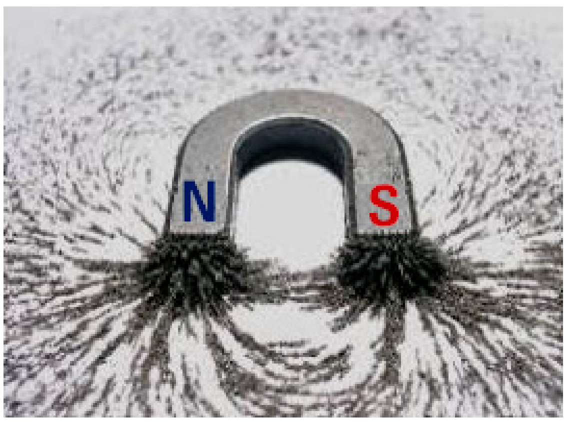
Μαγνητική Βελόνα

Παροδικοί μαγνήτες, ονομάζονται οι τεχνητοί μαγνήτες που **δεν** διατηρούν τις μαγνητικές τους ιδιότητες όταν καταργηθεί το αίτιο που τις προκάλεσε , όπως μια ράβδος από **μαλακό σίδηρο**.

Χαρακτηριστικά και ιδιότητες των μόνιμων μαγνητών:

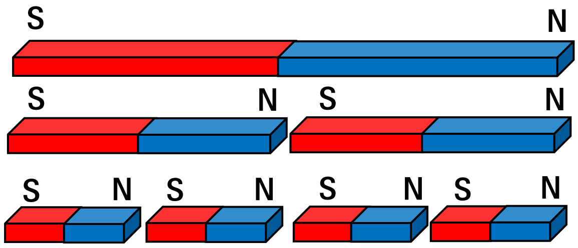
Πάνω σε μία γυάλινη επιφάνεια απλώνουμε ρινίσματα σιδήρου, ενώ κάτω από αυτή τοποθετούμε ένα ραβδόμορφο μαγνήτη, ώστε τα ρινίσματα σιδήρου να μαγνητιστούν. Κτυπάμε λίγο τη γυάλινη επιφάνεια με το χέρι μας και βλέπουμε τα ρινίσματα να παίρνουν μία καθορισμένη μορφή που **ονομάζεται μαγνητικό φάσμα**. Αυτό δίνει μια εικόνα του μαγνητικού πεδίου

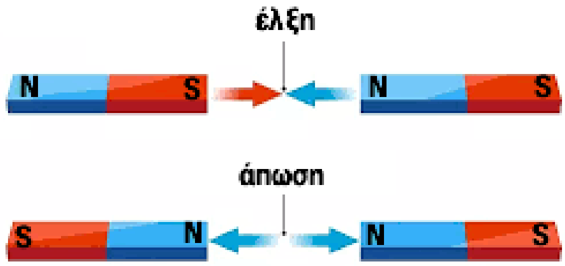




* Οι περιοχές όπου τα ρινίσματα σιδήρου εμφανίζουν μεγαλύτερη συγκέντρωση άκρα του μαγνήτη, εκεί δηλαδή όπου πυκνώνουν οι μαγνητικές γραμμές , **ονομάζονται πόλοι του μαγνήτη.**
Οι πόλοι του μαγνήτη είναι οι περιοχές που εκδηλώνονται έντονα οι μαγνητικές ιδιότητες και χαρακτηρίζονται **Βόρειος** (**N**) και **Νότιος** (**S**) μαγνητικός πόλος αντίστοιχα.

Διαπιστώνουμε ότι όσο απομακρυνόμαστε από τους πόλους και πλησιάζουμε προς το μέσο του μαγνήτη, οι μαγνητικές δυνάμεις εξασθενούν.
Πειραματικά διαπιστώνεται ότι οι **ομώνυμοι πόλοι απωθούνται**, ενώ οι **ετερώνυμοι έλκονται**.





* Αν κόψουμε ένα ραβδόμορφο μαγνήτη σε δύο μέρη προκύπτουν δύο νέοι μαγνήτες. Όσες φορές και αν επαναληφθεί αυτό θα προκύπτουν πάντοτε νέοι μαγνήτες. Έτσι, συμπεραίνουμε ότι οι μαγνητικοί πόλοι **εμφανίζονται πάντα σε ζεύγη**, αν και έχουν γίνει εκτεταμένες έρευνες για να βρεθούν μαγνητικά μονόπολα, χωρίς όμως επιτυχία μέχρι σήμερα.

* **Μαγνητικό πεδίο:** Είναι ο χώρος μέσα στον οποίο μία **μαγνητική βελόνα** (μαγνήτης) ή ένας **ρευματοφόρος αγωγός** ή ένα **κινούμενο ηλεκτρικό φορτίο** δέχονται δυνάμεις (μαγνητικές).

* **Μαγνητική επαγωγή $\vec{B}$:**

Όπως στο ηλεκτρικό πεδίο χρησιμοποιούμε το διανυσματικό μέγεθος της έντασης $\vec{E}$ για να περιγράφουμε το πεδίο και να εκφράσουμε το πόσο ισχυρό είναι, έτσι και στο μαγνητικό πεδίο αντίστοιχα εισάγουμε το διανυσματικό μέγεθος $\vec{B}$ που ονομάζεται **μαγνητική επαγωγή** του πεδίου ή **πυκνότητα μαγνητικής ροής** και **όχι** ένταση μαγνητικού πεδίου, όπως εσφαλμένα χρησιμοποιείται ο όρος.

Το διάνυσμα της μαγνητικής επαγωγής $\vec{B}$ του πεδίου σε ένα σημείο του έχει διεύθυνση τη διεύθυνση του άξονα της μαγνητικής βελόνας (όταν αυτή ισορροπεί με την επίδραση του πεδίου) και φορά από το νότιο προς το βόρειο πόλο της.
Η μονάδα της έντασης του μαγνητικού πεδίου στο S.I. ονομάζεται Tesla, όπου **1 Tesla = 1 N / A·m** και ο πλήρης ορισμός της θα δοθεί παρακάτω.

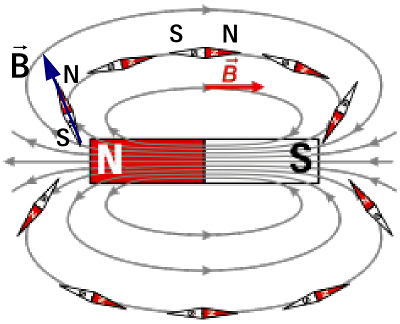
* **Μαγνητικές γραμμές – Ιδιότητες:**

Κατ' αναλογία λοιπόν με το ηλεκτρικό πεδίο, **ορίζουμε μαγνητική γραμμή του μαγνητικού πεδίου τη γραμμή που σε κάθε σημείο της το διάνυσμα της μαγνητικής επαγωγής του πεδίου είναι εφαπτόμενο σε αυτή.** Λέμε των **μαγνητικών γραμμών** και όχι δυναμικών γραμμών, γιατί το μαγνητικό πεδίο δεν είναι συντηρητικό, σε αντίθεση με το ηλεκτρικό πεδίο που είναι συντηρητικό, και οι γραμμές του χαρακτηρίζονται δυναμικές γραμμές.

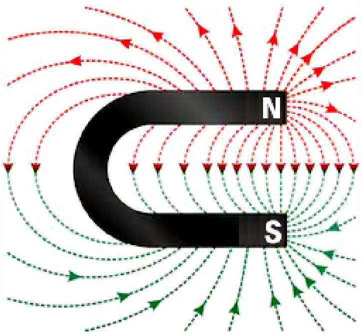
- **Μαγνητική γραμμή** λέμε τη γραμμή εκείνη σε κάθε σημείο της οποίας το διάνυσμα της **μαγνητικής επαγωγής** του πεδίου είναι εφαπτόμενο σε αυτή.
- Σε περιοχές όπου η πυκνότητα των μαγνητικών γραμμών είναι μεγαλύτερη, η μαγνητική επαγωγή του πεδίου είναι μεγαλύτερη και αντίστροφα.
- Όπως στο ηλεκτρικό, έτσι και στο μαγνητικό πεδίο, οι μαγνητικές γραμμές **δεν τέμνονται** ούτε και **εφάπτονται** μεταξύ τους.
- Οι μαγνητικές γραμμές του μαγνητικού πεδίου είναι πάντοτε κλειστές, σε αντίθεση με το ηλεκτρικό πεδίο που είναι ανοιχτές. Αυτό σημαίνει ότι δεν έχουν αρχή και τέλος, αλλά βγαίνουν από το βόρειο μαγνητικό πόλο στον έξω χώρο του μαγνήτη και μπαίνουν στο νότιο μαγνητικό πόλο συνεχίζοντας στο εσωτερικό του μαγνήτη από τον νότιο προς στον βόρειο πόλο μέχρι το αρχικό σημείο, σχηματίζοντας κλειστές διαδρομές.
  Αυτό συμβαίνει γιατί δεν υπάρχουν απομονωμένοι μαγνητικοί πόλοι, μαγνητικά μονόπολα.

◆ Η διεύθυνση του πεδίου σε κάποιο σημείο του είναι η διεύθυνση του άξονα της μαγνητικής βελόνας , όταν αυτή αφήνεται ελεύθερη να κινηθεί (προσανατολιστεί). Αν τοποθετήσουμε μία μαγνητική βελόνα σε διαφορετικά σημεία ενός χώρου που υπάρχουν μαγνητικές γραμμές, παρατηρούμε ότι η μαγνητική βελόνα προσανατολίζεται , με τον άξονά της εφαπτόμενο σε κάθε σημείο των γραμμών αυτών. Οι ροπές των ζευγών δυνάμεων από τους πόλους του μαγνήτη, περιστρέφουν την μαγνητική βελόνα γύρω από τον άξονα της, η οποία τείνει να προσανατολίσει τον βόρειο πόλο της προς τον νότιο πόλο του μαγνήτη.

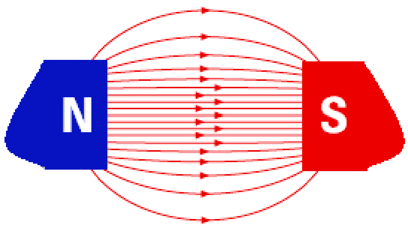
◆ Όταν σε ένα πεδίο , η **ένταση παραμένει σταθερή** κατά μέτρο , διεύθυνση και φορά σε όλα τα σημεία του , το πεδίο λέγεται **ομογενές** , όπου οι μαγνητικές γραμμές είναι παράλληλες και ισαπέχουσες (ίδιας πυκνότητας). Αυτό συμβαίνει στο χώρο μεταξύ των ανόμοιων πόλων δύο ραβδόμορφων μαγνητών ή κατά προσέγγιση μεταξύ των πόλων ενός πεταλοειδούς μαγνήτη, αρκεί οι βραχίονές του να απέχουν μικρή απόσταση σε σχέση με το μήκος τους.



Ραβδόμορφος μαγνήτης



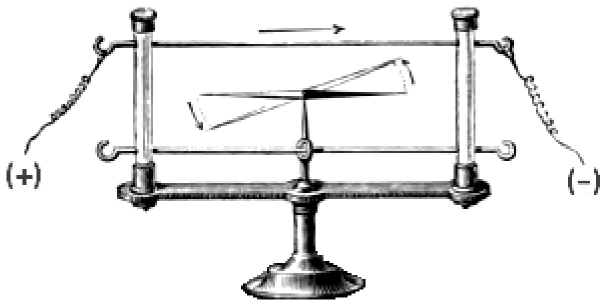
Πεταλοειδής μαγνήτης

Ομογενές πεδίο


Ανόμοιοι πόλοι

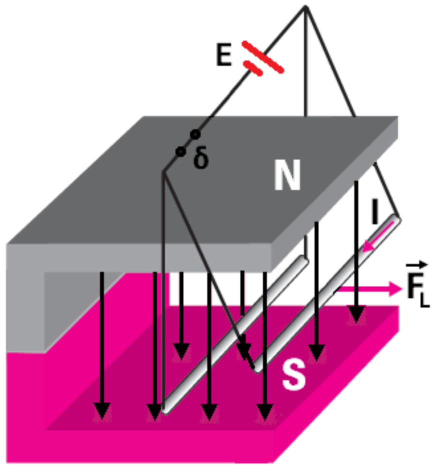
ΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ ΤΟΥ ØERSTED – ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ ΡΕΥΜΑΤΟΦΟΡΟΥ ΑΓΩΓΟΥ

Το 1820 ο Δανός φυσικο-χημικός Hans Christian Ørsted (Χάνς Κρίστιαν Έρστεντ) κατά τη διάρκεια μίας διάλεξής του στην Κοπεγχάγη, παρατήρησε ότι μια μαγνητική βελόνα που βρισκόταν κοντά σε ένα ευθύγραμμο αγωγό (σύρμα) , παρέκκλινε από τη διεύθυνση ισορροπίας της, κάθε φορά που ο αγωγός διαρρεόταν από ηλεκτρικό ρεύμα.
Συγκεκριμένα, τοποθέτησε παράλληλα σε μία μαγνητική βελόνα που ισορροπεί , έναν ευθύγραμμο αγωγό στο ίδιο κατακόρυφο επίπεδο. Όταν από τον αγωγό διαβίβασε ρεύμα, παρατήρησε ότι η βελόνα εκτρέπεται και ισορροπεί σε μία νέα θέση , ενώ όταν διέκοπτε το ρεύμα , η βελόνα γύριζε πάλι στην αρχική της θέση.



Όταν διαβίβαζε ρεύμα αντίθετης φοράς η βελόνα εκτρεπόταν αντίθετα προς την αρχική εκτροπή. Διαπίστωσε επίσης ότι , όταν αύξανε την ένταση του ρεύματος , αυξανόταν και η εκτροπή της βελόνας όχι όμως ανάλογα.
Είναι φανερό ότι, για να υποστεί εκτροπή η μαγνητική βελόνα, πρέπει πάνω της να ασκηθεί δύναμη. Το μαγνητικό πεδίο του ρευματοφόρου αγωγού ασκεί ζεύγος δυνάμεων στους μαγνητικούς πόλους της βελόνας , με αποτέλεσμα αυτή να περιστρέφεται. Δύναμη όμως, δέχεται ένας μαγνήτης μόνο όταν βρεθεί μέσα σε μαγνητικό πεδίο , οπότε μπορούμε να συμπεράνουμε λοιπόν ότι:
Γύρω από κάθε ρευματοφόρο αγωγό δημιουργείται μαγνητικό πεδίο.

Το πείραμα του Øersted μας έδειξε ότι οι μαγνήτες, όταν βρεθούν κοντά σε ρευματοφόρο αγωγό, εκτρέπονται. Το ρεύμα λοιπόν, ασκεί δύναμη πάνω στους μαγνήτες, οπότε σύμφωνα με το νόμο δράσης – αντίδρασης θα πρέπει να ισχύει και το αντίστροφο, δηλαδή οι μαγνήτες πρέπει να ασκούν δύναμη σε αγωγό που διαρρέεται από ρεύμα.

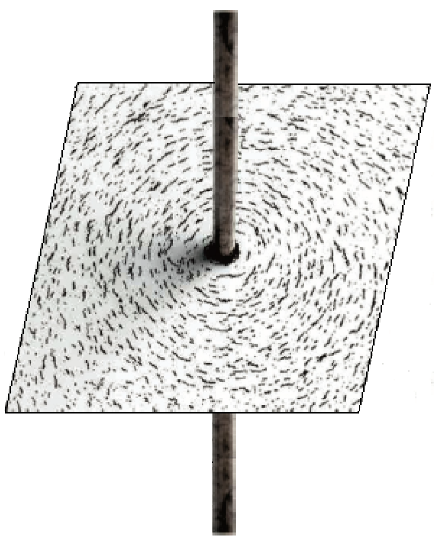


Για να το αποδείξουμε , κρεμάμε ένα αγωγό μικρού μήκους που συνδέεται με πηγή και διακόπτη, μεταξύ των πόλων ενός πεταλοειδούς μαγνήτη κάθετα στις μαγνητικές του γραμμές. Όταν κλείσουμε το διακόπτη ο αγωγός διαρρέεται από ρεύμα, οπότε παρατηρούμε ότι εκτρέπεται από την αρχική θέση ισορροπίας του και ισορροπεί σε μία νέα θέση.
Αν βάλουμε τον αγωγό παράλληλα στις μαγνητικές γραμμές, παρατηρούμε ότι δεν εκτρέπεται , άρα δεν ασκείται πάνω του καμία δύναμη. Το ίδιο θα συμβεί , αν ανοίξουμε το διακόπτη και δε διαρρέεται από ρεύμα το κύκλωμα.
Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι:
Γύρω από ρευματοφόρους αγωγούς δημιουργείται μαγνητικό πεδίο και οι μαγνήτες που θα βρεθούν μέσα σε αυτό θα δεχτούν δύναμη.
Επίσης και ο ρευματοφόρος αγωγός, όταν βρεθεί μέσα σε μαγνητικό πεδίο, δέχεται δύναμη από αυτό (μαγνητικής φύσεως , Laplace).
Δύναμη δέχονται επίσης και **ηλεκτρικά φορτία** που **κινούνται** μέσα σε μαγνητικό πεδίο, η οποία ονομάζεται **δύναμη Lorentz**. Αυτό μπορούμε να το διαπιστώσουμε εύκολα, αν βάλουμε ένα ομογενές μαγνητικό πεδίο κάθετα στις καθοδικές ακτίνες (κινούμενα ελεύθερα ηλεκτρόνια) εντός του **σωλήνα Crookes** , όπου δέχονται δύναμη από το μαγνητικό πεδίο τέτοια, ώστε να εκτρέπονται κάθετα στις μαγνητικές γραμμές του πεδίου.

ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ ΡΕΥΜΑΤΟΦΟΡΩΝ ΑΓΩΓΩΝ

1 ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ ΓΥΡΩ ΑΠΟ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΟ ΡΕΥΜΑΤΟΦΟΡΟ ΑΓΩΓΟ

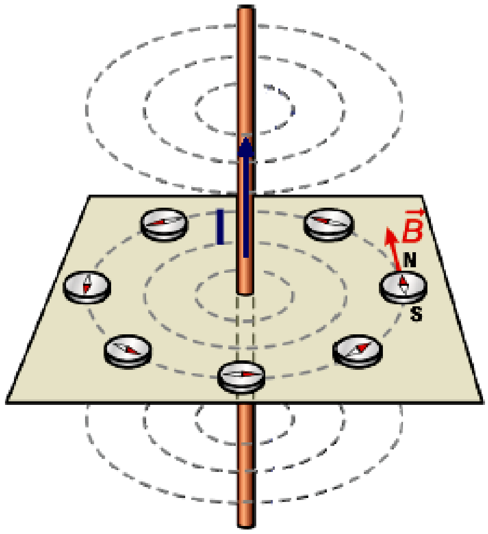
Για τη μελέτη του μαγνητικού πεδίου ενός ευθύγραμμου ρευματοφόρου αγωγού, διαπερνάμε ένα κατακόρυφο αγωγό από μία τρύπα ενός οριζόντιου χαρτονιού πάνω στο οποίο σκορπίζουμε ρινίσματα σιδήρου. Διαβιβάζουμε από τον αγωγό ρεύμα μεγάλης έντασης και κτυπώντας ελαφρά το χαρτόνι, βλέπουμε ότι τα ρινίσματα σιδήρου διατάσσονται σε ομόκεντρους κύκλους με κέντρο τον αγωγό.



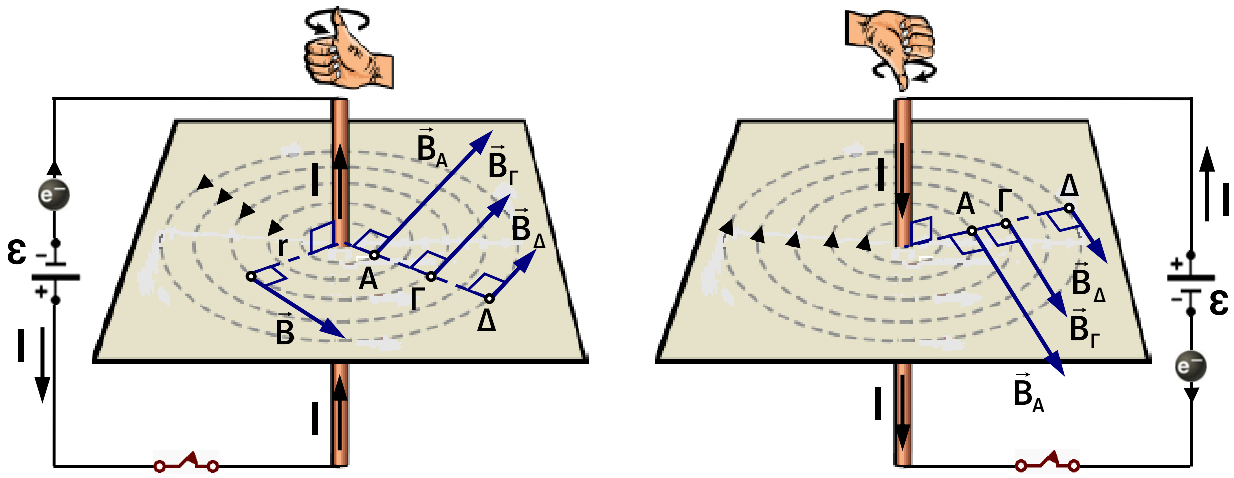
Οι μαγνητικές γραμμές λοιπόν του μαγνητικού πεδίου, είναι **ομόκεντροι συνεπίπεδοι κύκλοι** που έχουν ως **κέντρο τον αγωγό και το επίπεδό τους είναι κάθετο** σε αυτόν , που περιέχονται **σε επίπεδα κάθετα** στον άξονα του αγωγού.
Με τη βοήθεια μιας μικρής μαγνητικής βελόνας η διεύθυνση της οποίας εφάπτεται στις μαγνητικές γραμμές του πεδίου , προσδιορίζουμε τη φορά των δυναμικών γραμμών, από την κατεύθυνση του βόρειου πόλου της μαγνητικής βελόνας. Δηλαδή ο βόρειος (N) πόλος της μαγνητικής βελόνας δείχνει τη φορά των δυναμικών γραμμών του πεδίου.

- Το μαγνητικό πεδίο γύρω από τον ευθύγραμμο ρευματοφόρο αγωγό παρουσιάζει **κυλινδρική συμμετρία** , με τον αγωγό να βρίσκεται στον άξονα του κυλίνδρου και τις μαγνητικές γραμμές να είναι **ομόκεντροι συνεπίπεδοι κύκλοι** με τα επίπεδά τους κάθετα στον αγωγό.
- Αν θεωρήσουμε τον ευθύγραμμο αγωγό απείρου μήκους που διαρρέεται από ρεύμα έντασης I, τότε σε απόσταση r από αυτόν , η μαγνητική επαγωγή B του πεδίου , αποδεικνύεται ότι έχει μέτρο που είναι **ανάλογο** της **έντασης** I του **ρεύματος** και **αντιστρόφως ανάλογη** της **απόσταση r** από τον αγωγό: $B = k_\mu \cdot \frac{2 \cdot I}{r}$

όπου $k_\mu = 10^{-7}\ \frac{N}{A^2}$ είναι η **σταθερά** του **μαγνητισμού** , για το κενό ή τον αέρα.

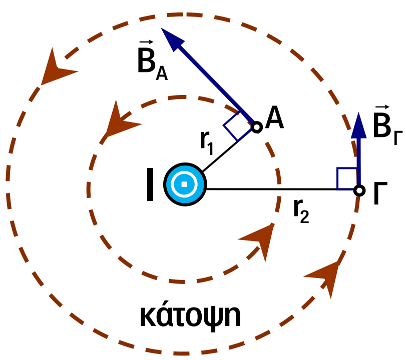


- Ο αγωγός θεωρείται απείρου μήκους , όταν η απόσταση r είναι πολύ μικρή σε σχέση με το πραγματικό του μήκος.
- Το διάνυσμα της μαγνητικής επαγωγής του πεδίου εφάπτεται σε κάθε σημείο του κύκλου και **η φορά του καθορίζεται σύμφωνα με τον κανόνα της δεξιάς παλάμης** , ως ακολούθως: Τοποθετούμε τον **τεντωμένο αντίχειρα , κατά μήκος του ευθύγραμμου ρευματοφόρου αγωγού,** έτσι ώστε να **δείχνει την συμβατική φορά του ηλεκτρικού ρεύματος. Η φορά με την οποία κλείνουν τα υπόλοιπα λυγισμένα δάχτυλα της δεξιάς παλάμης δείχνει την φορά των μαγνητικών γραμμών άρα και της μαγνητικής επαγωγής** $\vec{B}$ του πεδίου.



Παρατήρηση:

- Το σύμβολο (⊙) εκφράζει ένα διάνυσμα που είναι κάθετο στο επίπεδο της σελίδας έχοντας **φορά προς τα έξω** , ή αντίστοιχα τη **φορά της έντασης I του ρεύματος προς τα έξω**.
- Το σύμβολο (⊗) εκφράζει ένα διάνυσμα που είναι κάθετο στο επίπεδο της σελίδας έχοντας **φορά προς τα μέσα** , ή αντίστοιχα τη **φορά της έντασης I του ρεύματος προς τα μέσα**.



- Για μια δέσμη N ευθύγραμμων ρευματοφόρων αγωγών ισχύει ότι: $B = N \cdot k_\mu \cdot \frac{2 \cdot I}{r}$.

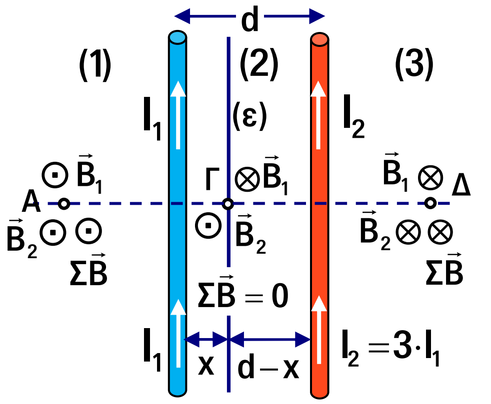
ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 1: Μηδενισμός της μαγνητικής επαγωγής του πεδίου:

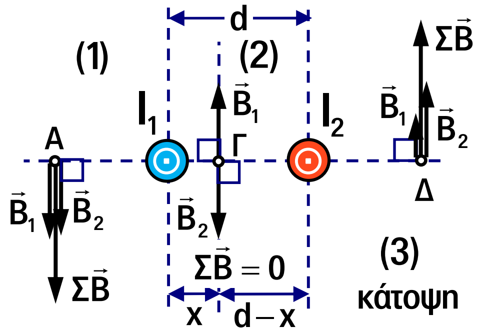
Δύο παράλληλοι αγωγοί μεγάλου μήκους που βρίσκονται σε απόσταση d = 30 cm διαρρέονται από ρεύματα I_1 και $I_2 = 3 \cdot I_1$. Να βρεθεί σε ποιο σημείο η επαγωγή του μαγνητικού πεδίου είναι μηδέν αν τα ρεύματα είναι: Α) ομόρροπα , Β) αντίρροπα. (Άσκηση 6 , σχολικού βιβλίου)

Επίλυση:

Οι δύο παράλληλοι αγωγοί χωρίζουν το επίπεδο σε τρείς περιοχές (1) , (2) , (3) όπως φαίνεται στα παρακάτω εναλλακτικά σχήματα.

Α) Ομόρροπα ρεύματα:



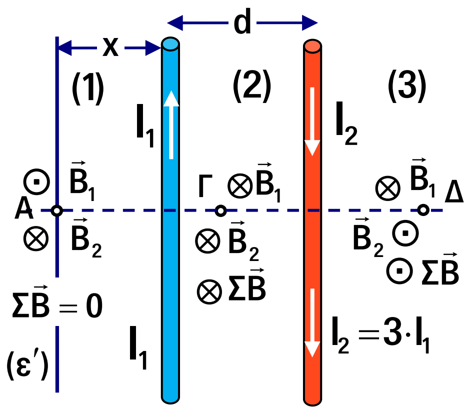


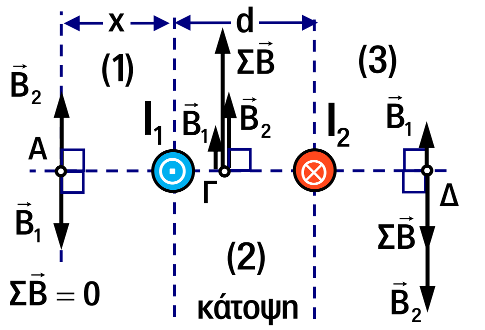
Σχεδιάζουμε , **σύμφωνα με τον κανόνα της δεξιάς παλάμης,** τα διανύσματα των επαγωγών $\vec{B}_1$ και $\vec{B}_2$ από κάθε αγωγό στα σημεία Α , Γ , Δ και διαπιστώνουμε ότι στα σημεία Α , Δ είναι ομόρροπα , οπότε : $\Sigma B = B_1 + B_2 \neq 0$.

Στο σημείο Γ της περιοχής (2) τα διανύσματα $\vec{B}_1$ και $\vec{B}_2$ είναι αντίρροπα , οπότε στην κατάλληλη απόσταση **x** από τον πρώτο αγωγό , είναι δυνατό να ισχύει $\Sigma B = 0$ εφόσον $B_1 = B_2$, ίσα μέτρα.

$k_\mu \cdot \dfrac{2 \cdot I_1}{x} = k_\mu \cdot \dfrac{2 \cdot I_2}{d-x} \Leftrightarrow \dfrac{I_1}{x} = \dfrac{3 \cdot I_1}{d-x} \Leftrightarrow \dfrac{1}{x} = \dfrac{3}{d-x} \Leftrightarrow 3 \cdot x = d - x \Leftrightarrow 4 \cdot x = d \Leftrightarrow x = \dfrac{d}{4}$ οπότε $x = 12{,}5\ cm$. Όλα τα σημεία του επιπέδου της περιοχής (2) που απέχουν απόσταση **12,5 cm** από τον πρώτο αγωγό , είναι σημεία της ευθείας (ε) που είναι παράλληλη προς αυτόν και σε αυτά μηδενίζεται η μαγνητική επαγωγή του πεδίου**.**

Β) Αντίρροπα ρεύματα:





Σχεδιάζουμε , **σύμφωνα με τον κανόνα της δεξιάς παλάμης,** τα διανύσματα των επαγωγών $\vec{B}_1$ και $\vec{B}_2$ από κάθε αγωγό στα σημεία Α , Γ , Δ και διαπιστώνουμε ότι στο σημείο Γ είναι ομόρροπα , οπότε : $\Sigma B = B_1 + B_2 \neq 0$.

Στο σημείο Δ της περιοχής (3) τα διανύσματα $\vec{B}_1$ και $\vec{B}_2$ είναι αντίρροπα , αλλά αυτό βρίσκεται πιο κοντά στον αγωγό που διαρρέεται από τη μεγαλύτερη ένταση ρεύματος I_2, για τα μέτρα των μαγνητικών επαγωγών θα ισχύει $B_2 > B_1$ οπότε ισχύει $\Sigma B \neq 0$.

Στο σημείο Α της περιοχής (1) τα διανύσματα $\vec{B}_1$ και $\vec{B}_2$ είναι αντίρροπα , αλλά αυτό βρίσκεται πιο κοντά στον αγωγό που διαρρέεται από τη μικρότερη ένταση ρεύματος I_1 , οπότε στην κατάλληλη απόσταση **x** από τον πρώτο αγωγό , είναι δυνατό να ισχύει $\Sigma B = 0$ εφόσον $B_1 = B_2$, ίσα μέτρα.

$$k_\mu \cdot \frac{2 \cdot I_1}{x} = k_\mu \cdot \frac{2 \cdot I_2}{d + x} \Leftrightarrow \frac{I_1}{x} = \frac{3 \cdot I_1}{d + x} \Leftrightarrow \frac{1}{x} = \frac{3}{d + x} \Leftrightarrow 3 \cdot x = d + x \Leftrightarrow 2 \cdot x = d \Leftrightarrow x = \frac{d}{2}$$ οπότε

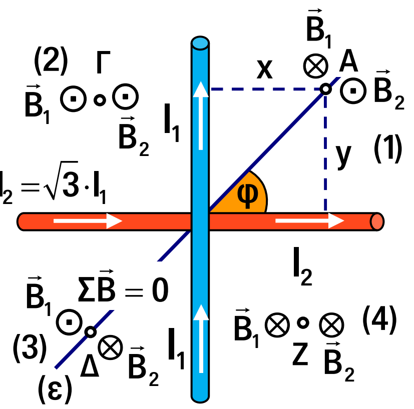
$x = 15\ cm$. Όλα τα σημεία του επιπέδου της περιοχής (1) που απέχουν απόσταση **15 cm** από τον πρώτο αγωγό , είναι σημεία της ευθείας (ε′) που είναι παράλληλη προς αυτόν και σε αυτά μηδενίζεται η μαγνητική επαγωγή του πεδίου**.**

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 2: Μηδενισμός της μαγνητικής επαγωγής του πεδίου:

Δύο ευθύγραμμοι αγωγοί μεγάλου μήκους, που είναι κάθετοι μεταξύ τους , βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο και διαρρέονται από ρεύματα I_1 και $I_2 = I_1 \cdot \sqrt{3}$. Να βρεθούν τα σημεία του επιπέδου στα οποία η μαγνητική επαγωγή του πεδίου είναι ίση με μηδέν.
(Άσκηση 9 , σχολικού βιβλίου)

Επίλυση:

Σχεδιάζουμε , **σύμφωνα με τον κανόνα της δεξιάς παλάμης,** τα διανύσματα των επαγωγών $\vec{B}_1$ και $\vec{B}_2$ από κάθε αγωγό στα τυχαία σημεία Α , Γ , Δ , Ζ του επιπέδου που ορίζεται από τους δύο τεμνόμενους αγωγούς όπως φαίνεται στο διπλανό σχήμα. Στα σημεία Γ , Ζ είναι ομόρροπα , οπότε: $\Sigma B = B_1 + B_2 \neq 0$. Στα σημεία Α , Δ των περιοχών (1) , (3) τα διανύσματα $\vec{B}_1$ και $\vec{B}_2$ είναι αντίρροπα , οπότε στην κατάλληλη απόσταση **x** από τον πρώτο αγωγό και **y** από το δεύτερο αγωγό , είναι δυνατό να ισχύει $\Sigma B = 0$ εφόσον $B_1 = B_2$, ίσα μέτρα.



$$k_\mu \cdot \frac{2 \cdot I_1}{x} = k_\mu \cdot \frac{2 \cdot I_2}{y} \Leftrightarrow \frac{I_1}{x} = \frac{\sqrt{3} \cdot I_1}{y} \Leftrightarrow y = \sqrt{3} \cdot x.$$

Η σχέση αυτή παριστάνει εξίσωση ευθείας με συντελεστή διεύθυνσης $\varepsilon\varphi\varphi = \sqrt{3}$ οπότε $\varphi = 60^0$, που είναι η γωνία που σχηματίζει η ευθεία (ε) όπου $\Sigma B = 0$, με τον οριζόντιο δεύτερο αγωγό.

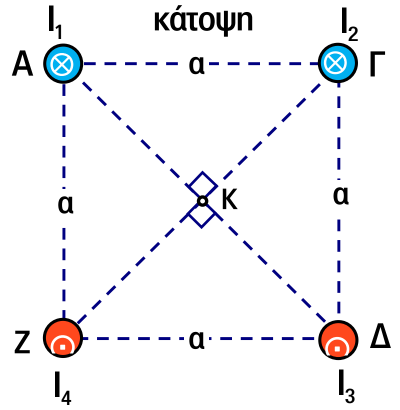
ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 3: Υπολογισμός της μαγνητικής επαγωγής του πεδίου σε κάποιο σημείο:

Τέσσερις ευθύγραμμοι αγωγοί απείρου μήκους είναι παράλληλοι μεταξύ τους και διαρρέονται από ίσα ρεύματα έντασης $I = 5$ A. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται μια προβολή τους, στο οριζόντιο επίπεδο, με τη φορά των ρευμάτων κάθετα στο επίπεδο της σελίδας, σχηματίζοντας ένα τετράγωνο πλευράς α = 20 cm.

A) Να υπολογίσετε τη μαγνητική επαγωγή του πεδίου στο κέντρο Κ του τετραγώνου.

B) Να υπολογίσετε τη μαγνητική επαγωγή του πεδίου στο κέντρο Κ του τετραγώνου, αν υποθέσουμε ότι όλοι οι αγωγοί διαρρέονται από ρεύματα της ίδιας φοράς.

Δίνεται η σταθερά του μαγνητισμού $k_\mu = 10^{-7}\ \dfrac{N}{A^2}$.



Επίλυση:

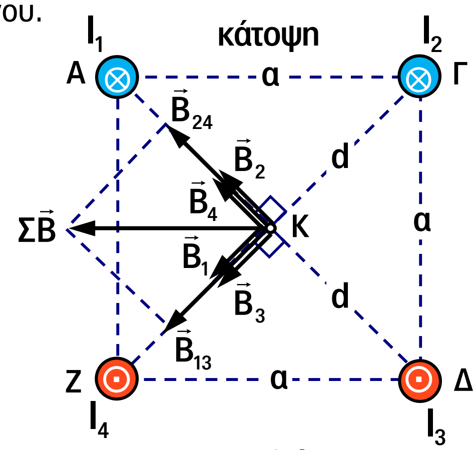
A) Σχεδιάζουμε, **σύμφωνα με τον κανόνα της δεξιάς παλάμης,** τα διανύσματα των επαγωγών $\vec{B}_1, \vec{B}_2, \vec{B}_3, \vec{B}_4$ από κάθε αγωγό στο κέντρο Κ του τετραγώνου.

Το κέντρο Κ ισαπέχει από τις κορυφές (αγωγοί) απόσταση d που βρίσκεται από το πυθαγόρειο θεώρημα:

$d^2 + d^2 = \alpha^2 \Leftrightarrow 2 \cdot d^2 = \alpha^2 \Leftrightarrow d = \alpha / \sqrt{2}$.

Εφόσον οι εντάσεις των ρευμάτων και οι αποστάσεις των αγωγών από το κέντρο Κ είναι ίσες, θα ισχύει:

$B_1 = B_2 = B_3 = B_4 = k_\mu \cdot \dfrac{2 \cdot I}{d} = \sqrt{2} \cdot k_\mu \cdot \dfrac{2 \cdot I}{\alpha}$



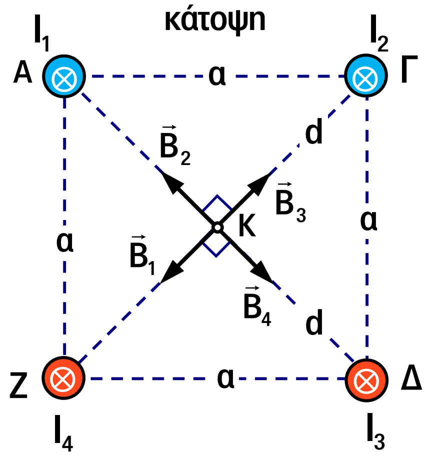
Τα διανύσματα $\vec{B}_1$, $\vec{B}_3$ και $\vec{B}_2$, $\vec{B}_4$ είναι ομόρροπα μεταξύ τους, οπότε προστίθενται και δίνουν τα $\vec{B}_{13}$, $\vec{B}_{24}$ που έχουν μέτρα: $B_{13} = B_1 + B_3 = 2 \cdot \sqrt{2} \cdot k_\mu \cdot \dfrac{2 \cdot I}{\alpha}$ και $B_{24} = B_2 + B_4 = 2 \cdot \sqrt{2} \cdot k_\mu \cdot \dfrac{2 \cdot I}{\alpha}$ τα οποία είναι κάθετα μεταξύ τους, οπότε από το πυθαγόρειο θεώρημα θα πάρουμε:

$$\Sigma B = \sqrt{B_{13}^2 + B_{24}^2} = \sqrt{2 \cdot B_{13}^2} = \sqrt{2} \cdot B_{13} \Leftrightarrow \Sigma B = \sqrt{2} \cdot 2 \cdot \sqrt{2} \cdot k_\mu \cdot \frac{2 \cdot I}{\alpha} \Leftrightarrow \boxed{\Sigma B = k_\mu \cdot \frac{8 \cdot I}{\alpha}} \Leftrightarrow$$

$$\Sigma B = 10^{-7} \cdot \frac{8 \cdot 5}{0,2} \Leftrightarrow \boxed{\Sigma B = 2 \cdot 10^{-5}\ T}.$$

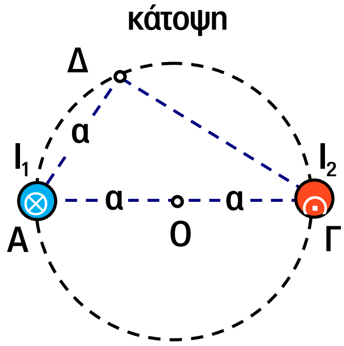
B) Σχεδιάζουμε, **σύμφωνα με τον κανόνα της δεξιάς παλάμης** τα διανύσματα των επαγωγών $\vec{B}_1, \vec{B}_2, \vec{B}_3, \vec{B}_4$ από κάθε αγωγό στο κέντρο Κ του τετραγώνου.

Για τα μέτρα των $\vec{B}_1$, $\vec{B}_3$ και $\vec{B}_2$, $\vec{B}_4$ ισχύουν τα προηγούμενα, ενώ τώρα τα διανύσματα είναι αντίρροπα οπότε: $B_{13} = B_1 - B_3 = 0$ και $B_{24} = B_2 - B_4 = 0$, οπότε $\boxed{\Sigma B = 0}$.



ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 4: Υπολογισμός της μαγνητικής επαγωγής του πεδίου

Δύο ευθύγραμμοι ρευματοφόροι αγωγοί (1) και (2) διαρρέονται από αντίρροπα ρεύματα με εντάσεις I_1 και I_2 αντίστοιχα , όπως δείχνει το διπλανό σχήμα. Οι δύο αγωγοί είναι κάθετοι στο επίπεδο του σχεδίου και τέμνουν το επίπεδο στα σημεία Α και Γ , τα οποία είναι αντιδιαμετρικά σημεία σε ένα κύκλο κέντρου Ο και ακτίνας α = 10 cm. Σε ένα σημείο Δ της περιφέρειας , που απέχει απόσταση α από το σημείο Α , η ένταση του μαγνητικού πεδίου έχει τη διεύθυνση της ακτίνας του κύκλου, φορά προς το κέντρο του κύκλου και μέτρο ίσο με ΣΒ = $4\cdot10^{-5}$ Τ. Να υπολογίσετε τα ακόλουθα:

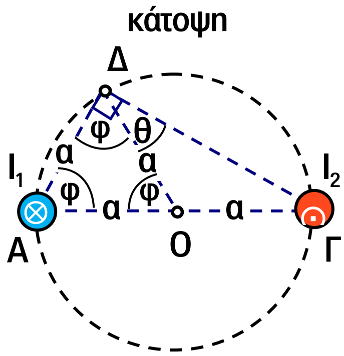


1. Τις εντάσεις των ρευμάτων που διαρρέουν τους δύο ευθύγραμμους αγωγούς.
2. Το σημείο της διαμέτρου ΑΓ που η ένταση του μαγνητικού πεδίου είναι ελάχιστη και την ελάχιστη τιμή της έντασης.
3. Το σημείο Λ της μεσοκαθέτου της ΑΓ που πρέπει να τέμνει το επίπεδο του σχεδίου ένας τρίτος ρευματοφόρος αγωγός (3) , έτσι ώστε η ένταση του μαγνητικού πεδίου στο Δ να είναι μηδέν.
4. Την ένταση του ρεύματος που διαρρέει τον αγωγό (3).

Δίνεται η σταθερά του μαγνητισμού $k_\mu = 10^{-7}\,\dfrac{N}{A^2}$.

Επίλυση:

1. Η γωνία ΑΔΓ είναι ορθή γιατί βαίνει σε ημικύκλιο οπότε το τρίγωνο ΑΔΟ είναι ισόπλευρο , άρα $\varphi = 60^0$ και $\theta = 30^0$: Η ένταση $\vec{B}_1$ που δημιουργεί ο αγωγός (1) στο Δ σχεδιάζεται κάθετα στην ακτίνα ΑΔ , άρα πάνω στην ευθεία ΔΓ και έχει κατεύθυνση προς το Γ. Αντίστοιχα η ένταση $\vec{B}_2$ που δημιουργεί ο αγωγός (2) στο Δ σχεδιάζεται κάθετα στην ακτίνα ΓΔ, άρα πάνω στην ευθεία ΔΑ και έχει κατεύθυνση προς το Α. Από το Πυθαγόρειο θεώρημα βρίσκουμε την απόσταση (ΔΓ): $(\Delta\Gamma)^2 + (A\Delta)^2 = (A\Gamma)^2 \Leftrightarrow (\Delta\Gamma)^2 + \alpha^2 = (2\alpha)^2$

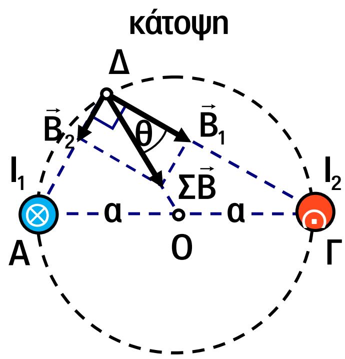


$\Leftrightarrow (\Delta\Gamma)^2 = 4\cdot\alpha^2 - \alpha^2 \Leftrightarrow (\Delta\Gamma) = \alpha\cdot\sqrt{3}$.

Για τα μέτρα των εντάσεων B_1 και B_2 ισχύουν:

$B_1 = \Sigma B\cdot συν30^0 = 4\cdot10^{-5}\cdot\dfrac{\sqrt{3}}{2} \Leftrightarrow \boxed{B_1 = 2\cdot\sqrt{3}\cdot10^{-5}\ T}$ και

$B_2 = \Sigma B\cdot ημ30^0 = 4\cdot10^{-5}\cdot\dfrac{1}{2} \Leftrightarrow \boxed{B_2 = 2\cdot10^{-5}\ T}$.



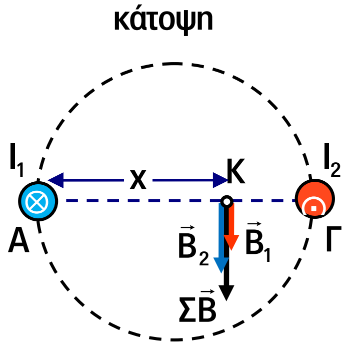
Οι εντάσεις των ρευμάτων που διαρρέουν τους δύο αγωγούς υπολογίζονται ως εξής: $B_1 = k_\mu\cdot\dfrac{2\cdot I_1}{(\Delta\Gamma)} = k_\mu\cdot\dfrac{2\cdot I_1}{\alpha\cdot\sqrt{3}} \Leftrightarrow$

$I_1 = \dfrac{B_1\cdot\alpha\cdot\sqrt{3}}{2\cdot k_\mu} = \dfrac{2\cdot\sqrt{3}\cdot10^{-5}\cdot10^{-1}}{2\cdot10^{-7}} \Leftrightarrow \boxed{I_1 = 10\cdot\sqrt{3}\ A}$ και

αντίστοιχα $B_2 = k_\mu\cdot\dfrac{2\cdot I_2}{(\Delta A)} = k_\mu\cdot\dfrac{2\cdot I_2}{\alpha} \Leftrightarrow I_2 = \dfrac{B_2\cdot\alpha}{2\cdot k_\mu} = \dfrac{2\cdot10^{-5}\cdot\sqrt{3}\cdot10^{-1}}{2\cdot10^{-7}} \Leftrightarrow \boxed{I_2 = 10\cdot\sqrt{3}\ A}$,

οπότε παρατηρούμε ότι ισχύει: $\boxed{I_1 = I_2 = I = 10\cdot\sqrt{3}\ A}$.

2. Στο διπλανό σχήμα φαίνεται ένα τυχαίο σημείο Κ μεταξύ των δύο αγωγών όπου σύμφωνα με τον κανόνα του δεξιού χεριού τα διανύσματα $\vec{B}_1$, $\vec{B}_2$ είναι ομόρροπα.



Οι αποστάσεις του Κ από τα άκρα Α , Γ είναι x και (2·α – x) οπότε ισχύει: $\Sigma B = B_1 + B_2 \Leftrightarrow \Sigma B = k_\mu \cdot \dfrac{2\cdot I_1}{x} + k_\mu \cdot \dfrac{2\cdot I_2}{2\cdot\alpha - x} \Leftrightarrow$

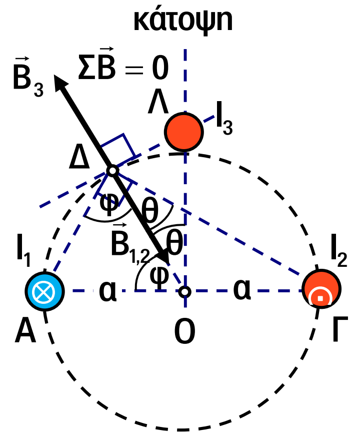
$$\Sigma B = k_\mu \cdot 2\cdot I\cdot\left(\frac{1}{x}+\frac{1}{2\cdot\alpha-x}\right) = k_\mu\cdot 2\cdot I\cdot\frac{2\cdot\alpha}{x\cdot(2\cdot\alpha-x)}$$

Η συνολική ένταση ΣΒ είναι ελάχιστη όταν ο παρονομαστής είναι μέγιστος , οπότε έχουμε: $x\cdot(2\cdot\alpha-x)=y \Leftrightarrow 2\cdot\alpha\cdot x - x^2 = y \Leftrightarrow$ $x^2 - 2\cdot\alpha\cdot x + y = 0$. Αυτή η δευτεροβάθμια εξίσωση για να έχει πραγματικές ρίζες θα πρέπει να έχει διακρίνουσα $\Delta \geq 0$. Οπότε $(2\cdot\alpha)^2 - 4\cdot 1\cdot y \geq 0 \Leftrightarrow$

$4\cdot\alpha^2 \geq 4\cdot y \Leftrightarrow y \leq \alpha^2$, δηλαδή $y_{max} = \alpha^2$ άρα $\Sigma B_{min} = k_\mu\cdot 2\cdot I\cdot\dfrac{2\cdot\alpha}{\alpha^2} \Leftrightarrow \Sigma B_{min} = k_\mu\cdot\dfrac{4\cdot I}{\alpha} \Leftrightarrow$

$\Sigma B_{min} = 10^{-7}\cdot\dfrac{4\cdot 10\cdot\sqrt{3}}{10^{-1}} \Leftrightarrow \Sigma B_{min} = 4\cdot\sqrt{3}\cdot 10^{-5}\ T$.

3. Για να γίνει η ένταση του μαγνητικού πεδίου στο Δ ίση με μηδέν , πρέπει ο αγωγός (3) να προκαλεί στο Δ ένταση $\vec{B}_3$ αντίθετη της $\vec{B}_{1,2}$, (πάνω στη διεύθυνση της ακτίνας ΟΔ) , οπότε η θέση του αγωγού (3) πρέπει να είναι τέτοια ώστε η απόσταση ΛΔ να έχει τη διεύθυνση της εφαπτομένης του κύκλου στο σημείο Δ. Η τιμή της βρίσκεται γεωμετρικά από το τρίγωνο ΟΔΛ , στο οποίο η γωνία



$\Delta O\Lambda = \theta = 90^0 - \varphi = 90^0 - 60^0 = 30^0$, οπότε: $\varepsilon\varphi 30^0 = \dfrac{(\Delta\Lambda)}{\alpha} \Leftrightarrow$

$(\Delta\Lambda) = \alpha\cdot\varepsilon\varphi 30^0 \Leftrightarrow (\Delta\Lambda) = \alpha\cdot\dfrac{\sqrt{3}}{3}$ ή $\sigma\upsilon\nu 30^0 = \dfrac{\alpha}{(O\Lambda)} \Leftrightarrow$

$(O\Lambda) = \dfrac{\alpha}{\sigma\upsilon\nu 30^0} \Leftrightarrow (O\Lambda) = \alpha\cdot\dfrac{2}{\sqrt{3}}$.

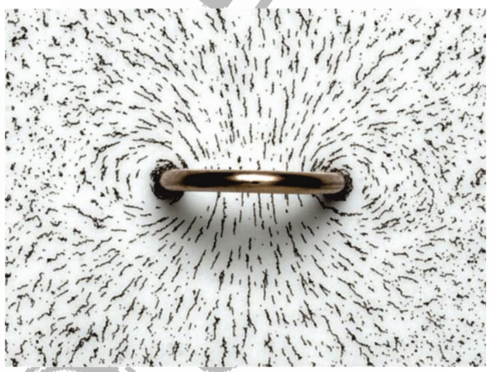
Ο αγωγός (3) , πρέπει να διαρρέεται από ρεύμα ίδιας φοράς με τον αγωγό (1).

4. Η ένταση του ρεύματος I_3 στον αγωγό (3) υπολογίζεται αντίστοιχα από τη σχέση:

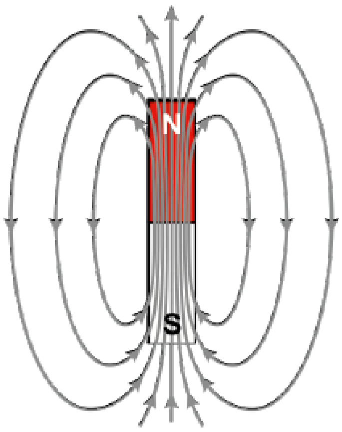
$$B_3 = B_{1,2} \Leftrightarrow k_\mu\cdot\frac{2\cdot I_3}{(\Delta\Lambda)} = B_{1,2} \Leftrightarrow I_3 = \frac{B_{1,2}\cdot(\Delta\Lambda)}{2\cdot k_\mu} = \frac{4\cdot 10^{-5}\cdot 10^{-1}}{2\cdot 10^{-7}}\cdot\frac{\sqrt{3}}{3} \Leftrightarrow I_3 = \frac{20\cdot\sqrt{3}}{3}\ A.$$

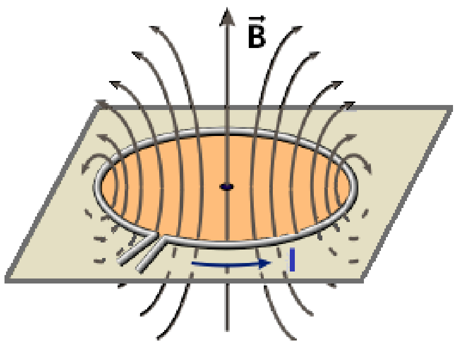
2 ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ ΓΥΡΩ ΑΠΟ ΚΥΚΛΙΚΟ ΡΕΥΜΑΤΟΦΟΡΟ ΑΓΩΓΟ

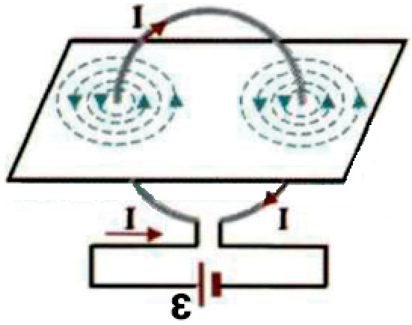
Για τη μελέτη του μαγνητικού πεδίου ενός κυκλικού ρευματοφόρου αγωγού, σκορπίζουμε ρινίσματα σιδήρου πάνω σε ένα οριζόντιο χαρτόνι που τέμνει τον αγωγό και διαβιβάζουμε ρεύμα σε αυτόν. Κτυπάμε ελαφρά το χαρτόνι και βλέπουμε ότι τα ρινίσματα διατάσσονται σε ομόκεντρους κύκλους με κέντρο το σημείο τομής του χαρτονιού από τον αγωγό. Με τη βοήθεια της μαγνητικής βελόνας, βρίσκουμε αντίστοιχα και την φορά των μαγνητικών γραμμών.



Παρατηρούμε ότι το μαγνητικό πεδίο που δημιουργεί ο κυκλικός βρόχος είναι παρόμοιο με το μαγνητικό πεδίο ενός ραβδόμορφου μαγνήτη, που βρίσκεται στο κέντρο του κύκλου.

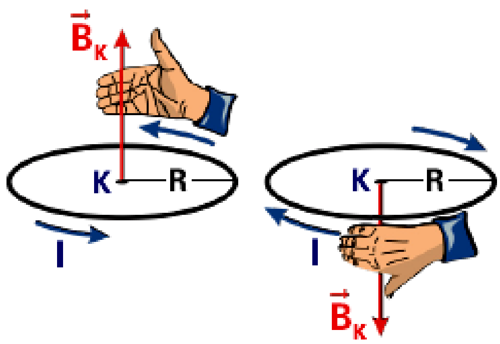






➡ Στο κέντρο Κ του κυκλικού ρευματοφόρου αγωγού ακτίνας R που διαρρέεται από ρεύμα έντασης I, το μέτρο της μαγνητικής επαγωγής του πεδίου, αποδεικνύεται ότι είναι **ανάλογο** της **έντασης** I του **ρεύματος** και **αντιστρόφως ανάλογη** της ακτίνας του R: $B_K = k_\mu \cdot \dfrac{2 \cdot \pi \cdot I}{R}$.

Η φορά της **μαγνητικής επαγωγής** $\vec{B}$ του πεδίου **στο κέντρο** Κ του κυκλικού ρευματοφόρου αγωγού, καθορίζεται από τον κανόνα του δεξιού χεριού: Όταν τα λυγισμένα δάκτυλα της δεξιάς παλάμης δείχνουν τη φορά του ηλεκτρικού ρεύματος, τότε ο τεντωμένος αντίχειρας δείχνει τη φορά της **μαγνητικής επαγωγής** $\vec{B}$, με το διάνυσμα να είναι κάθετο στο επίπεδο του κύκλου.

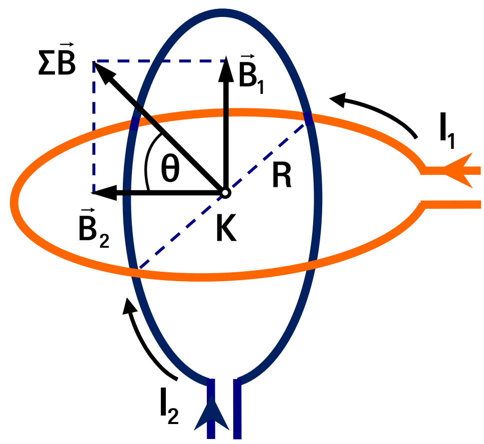


➡ Αν ο κυκλικός αγωγός αποτελείται από N σύρματα, η ένταση του μαγνητικού πεδίου αντίστοιχα αυξάνεται N φορές, οπότε γίνεται: $B_K = N \cdot k_\mu \cdot \dfrac{2 \cdot \pi \cdot I}{R}$.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 5: Υπολογισμός της μαγνητικής επαγωγής του πεδίου σε κάποιο σημείο:

Δύο κυκλικοί αγωγοί διαρρέονται από ρεύματα $I_1 = I_2 = 10/\pi$ A, έχουν την ίδια ακτίνα $R = 2$ cm και είναι τοποθετημένοι με τα επίπεδα τους κάθετα, ώστε να έχουν κοινό κέντρο Κ. Να υπολογιστεί το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου στο κέντρο Κ των δύο αγωγών. Δίνεται η σταθερά του μαγνητισμού $k_\mu = 10^{-7}\ \frac{N}{A^2}$. (Άσκηση 14, σχολικού βιβλίου)

Επίλυση:



Σχεδιάζουμε, **σύμφωνα με τον κανόνα της δεξιάς παλάμης** τα διανύσματα των επαγωγών $\vec{B}_1$, $\vec{B}_2$ από κάθε αγωγό στο κοινό κέντρο Κ των δύο κυκλικών αγωγών. Τα διανύσματα είναι κάθετα μεταξύ τους με ίσα μέτρα: $B_1 = B_2 = k_\mu \cdot \frac{2\cdot\pi\cdot I_1}{R}$

$$B_1 = B_2 = 10^{-7}\cdot\frac{2\cdot\pi\cdot 10/\pi}{2\cdot 10^{-2}} \Leftrightarrow \boxed{B_1 = B_2 = 10^{-4}\ T}.$$

Από το πυθαγόρειο θεώρημα θα πάρουμε το μέτρο:

$$\Sigma B = \sqrt{B_1^2 + B_2^2} = \sqrt{2\cdot B_1^2} = \sqrt{2}\cdot B_1 \Leftrightarrow \boxed{\Sigma B = \sqrt{2}\cdot 10^{-4}\ T}$$

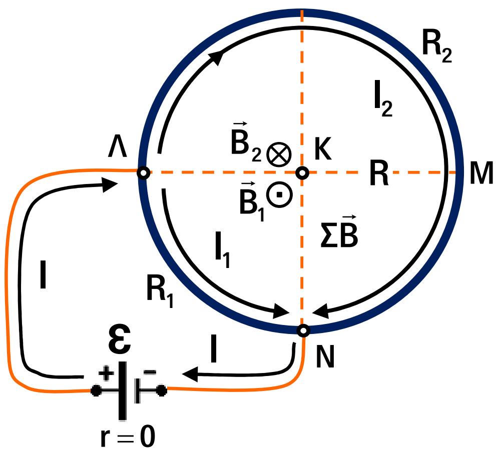
και την κατεύθυνσή της όπου: $\varepsilon\varphi\theta = \frac{B_1}{B_2} = \frac{1\cdot 10^{-4}}{1\cdot 10^{-4}} = 1$ άρα $\boxed{\theta = 45^0}$.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 6: Υπολογισμός της μαγνητικής επαγωγής του πεδίου σε κάποιο σημείο:

Ένας ομογενής κυκλικός αγωγός ακτίνας R σταθερής διατομής συνδέεται με τους πόλους πηγής ΗΕΔ $\mathcal{E}$ με αμελητέα εσωτερική αντίσταση όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Να υπολογιστεί η ένταση του μαγνητικού πεδίου στο κέντρο του κυκλικού αγωγού. (Άσκηση 20, σχολικού βιβλίου)

Επίλυση:

Ολόκληρος ο κυκλικός αγωγός έχει αντίσταση $R_{o\lambda}$ και εφόσον είναι ισοπαχής, η αντίσταση κάποιου τμήματος αυτού είναι ανάλογη του μήκους του. Έτσι λοιπόν το τμήμα ΛΝ αντιστοιχεί στο 1/4 του κύκλου, ενώ το τμήμα ΛΜΝ αντιστοιχεί στα 3/4 του κύκλου. Αυτό σημαίνει ότι η αντίσταση του τμήματος ΛΝ ισούται με το 1/4 της $R_{o\lambda}$ ενώ του τμήματος ΛΜΝ ισούται με τα 3/4 της $R_{o\lambda}$. Τα σημεία Λ, Ν είναι κόμβοι του κυκλώματος όπου το ρεύμα διακλαδίζεται οπότε για τις εντάσεις I_1 και I_2 ισχύει ο νόμος του Ohm, άρα:



$$I_1 = \frac{V_{\Lambda N}}{R_1} = \frac{\varepsilon}{\frac{1}{4}R_{o\lambda}} \text{ άρα } I_1 = 4\cdot\frac{\varepsilon}{R_{o\lambda}} \text{ και αντίστοιχα}$$

$$I_2 = \frac{V_{\Lambda N}}{R_2} = \frac{\varepsilon}{\frac{3}{4}R_{o\lambda}} \text{ άρα } I_2 = \frac{4}{3}\cdot\frac{\varepsilon}{R_{o\lambda}} \text{ οπότε } \boxed{I_1 = 3\cdot I_2}.$$

Σχεδιάζουμε , **σύμφωνα με τον κανόνα της δεξιάς παλάμης ,** τα διανύσματα των επαγωγών $\vec{B}_1, \vec{B}_2$ από κάθε τμήμα του κυκλικού αγωγού στο κοινό κέντρο Κ των δύο κυκλικών αγωγών. Τα διανύσματα είναι αντίρροπα μεταξύ τους αφού είναι αντίρροπα και τα ρεύματα που διαρρέουν τα τμήματα ΛΝ και ΛΜΝ. Όμως το πρόβλημα αυτό έχει μια ιδιαιτερότητα , αφού το τμήμα ΛΝ αντιστοιχεί στο 1/4 του ολόκληρου κύκλου , άρα προκαλεί στο κέντρο Κ το 1/4 της συνολικής μαγνητικής επαγωγής και αντίστοιχα το τμήμα ΛΜΝ αντιστοιχεί στα 3/4 του ολόκληρου κύκλου, άρα προκαλεί στο κέντρο Κ τα 3/4 της συνολικής μαγνητικής επαγωγής.

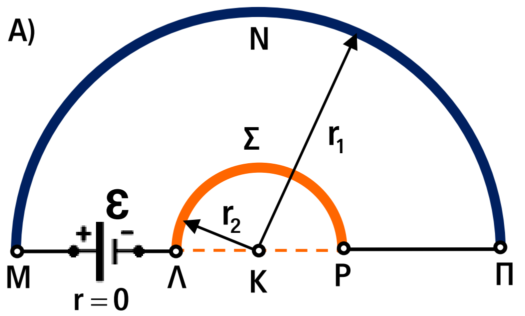
$B_1 = \frac{1}{4} \cdot k_\mu \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot I_1}{R} \Leftrightarrow B_1 = \frac{1}{4} \cdot k_\mu \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot 3 \cdot I_2}{R}$ και $B_2 = \frac{3}{4} \cdot k_\mu \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot I_2}{R}$ επομένως $B_1 = B_2$.

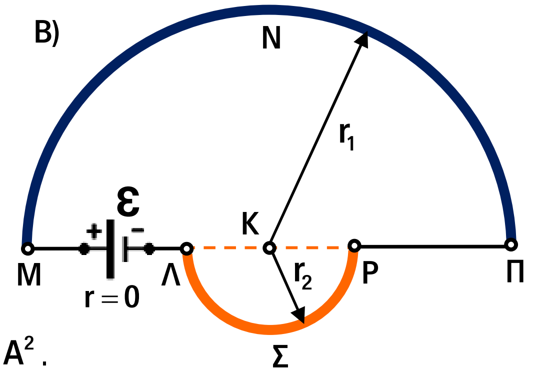
Τότε όμως συνολικά στο κέντρο Κ του κύκλου η συνολική μαγνητική επαγωγή θα είναι ίση με:

$\Sigma B_K = B_2 - B_1 = 0$, οπότε $\Sigma B_K = 0$.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 7: Υπολογισμός της μαγνητικής επαγωγής του πεδίου σε κάποιο σημείο:

Μεταλλικός αγωγός που παρουσιάζει αντίσταση ανά μονάδα μήκους $R^* = \frac{2}{\pi} \frac{\Omega}{m}$ κάμπτεται ώστε να σχηματίζει δύο ημικύκλια με αντίστοιχες ακτίνες r_1 , r_2 = 10 cm όπου $r_1 = 3 \cdot r_2$ όπως φαίνεται στα παρακάτω σχήματα. Το κύκλωμα τροφοδοτείται από ιδανική πηγή με Η.Ε.Δ. $\mathcal{E}$ = 10 V , ενώ τα ευθύγραμμα τμήματα δεν παρουσιάζουν ηλεκτρική αντίσταση.
Να υπολογίσετε την μαγνητική επαγωγή στο κέντρο Κ των δύο ημικυκλίων εξαιτίας αυτών στις περιπτώσεις Α , Β.

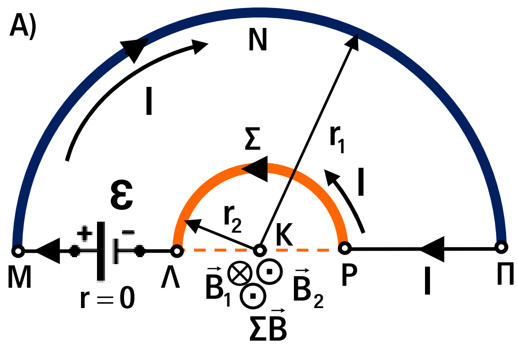




Δίνεται η σταθερά του μαγνητισμού $k_\mu = 10^{-7}$ N/A^2.

Επίλυση:

Α) Εφόσον ο κυκλικός αγωγός είναι ισοπαχής η αντίσταση κάποιου τμήματος αυτού είναι ανάλογη του μήκους του. Έτσι λοιπόν το τμήμα ΜΝΠ έχει μήκος $\ell_1 = 0{,}5 \cdot 2 \cdot \pi \cdot r_1 = \pi \cdot r_1$ και αντίσταση $R_1 = R^* \cdot \ell_1 = \frac{2}{\pi} \cdot \pi \cdot 0{,}3$ άρα $R_1 = 0{,}6\ \Omega$. Αντίστοιχα για το τμήμα ΛΣΡ έχουμε: $\ell_2 = 0{,}5 \cdot 2 \cdot \pi \cdot r_2 = \pi \cdot r_2$ και αντίσταση $R_2 = R^* \cdot \ell_2 = \frac{2}{\pi} \cdot \pi \cdot 0{,}1$ άρα $R_2 = 0{,}2\ \Omega$.



Το κύκλωμα (βρόχος ΛΜΝΠΡΣΛ) διαρρέεται από το ίδιο ρεύμα και παρουσιάζει συνολική αντίσταση $R_{ολ} = R_1 + R_2 = 0{,}6 + 0{,}2 \Leftrightarrow R_{ολ} = 0{,}8\ \Omega$.

Για την ένταση I του ρεύματος ισχύει ο νόμος του Ohm για κλειστό κύκλωμα, οπότε έχουμε:

$I = \dfrac{\varepsilon}{R_{ολ}} = \dfrac{10}{0,8}$ άρα $I = 12,5\ A$.

Σχεδιάζουμε, **σύμφωνα με τον κανόνα της δεξιάς παλάμης**, τα διανύσματα των επαγωγών $\vec{B}_1, \vec{B}_2$ από κάθε τμήμα του κυκλικού αγωγού στο κοινό κέντρο Κ των δύο ημικυκλικών αγωγών. Τα διανύσματα είναι αντίρροπα μεταξύ τους, αφού ρέει αντίρροπα το ρεύμα στα τμήματα ΜΝΠ και ΛΣΡ. Όμως το πρόβλημα αυτό έχει επίσης την ιδιαιτερότητα, ότι αφού στα τμήματα ΜΝΠ και ΛΣΡ αντιστοιχεί στο 1/2 του ολόκληρου κύκλου, άρα προκαλείται στο κέντρο Κ το 1/2 της συνολικής μαγνητικής επαγωγής.

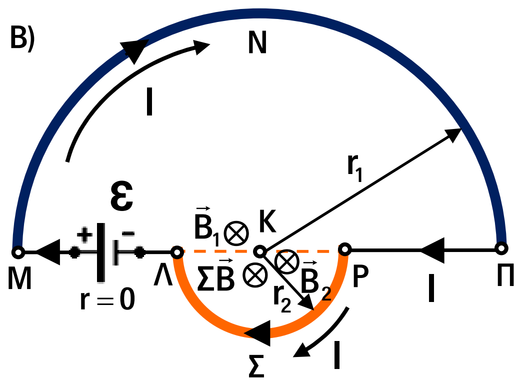
$B_1 = \dfrac{1}{2} \cdot k_\mu \cdot \dfrac{2 \cdot \pi \cdot I}{R_1} = \dfrac{1}{2} \cdot 10^{-7} \cdot \dfrac{2 \cdot \pi \cdot 12,5}{0,6} \Leftrightarrow B_1 = 2,08 \cdot \pi \cdot 10^{-6}\ T$ και αντίστοιχα

$B_2 = \dfrac{1}{2} \cdot k_\mu \cdot \dfrac{2 \cdot \pi \cdot I}{R_2} = \dfrac{1}{2} \cdot 10^{-7} \cdot \dfrac{2 \cdot \pi \cdot 12,5}{0,2} \Leftrightarrow B_2 = 3 \cdot B_1 \Leftrightarrow B_2 = 6,25 \cdot \pi \cdot 10^{-6}\ T$.

Τότε όμως συνολικά στο κέντρο Κ του κύκλου η συνολική μαγνητική επαγωγή θα είναι ίση με:

$\Sigma B_K = B_2 - B_1 = 3 \cdot B_1 - B_1 = 2 \cdot B_1 = 2 \cdot 2,08 \cdot \pi \cdot 10^{-6} \Leftrightarrow \Sigma B_K = 4,16 \cdot \pi \cdot 10^{-6}\ T$.

Β) Στην περίπτωση αυτή αλλάζει ο προσανατολισμός του δεύτερου ημικυκλικού αγωγού οπότε αλλάζει η φορά της μαγνητικής επαγωγής του, ενώ όλα τα προηγούμενα στοιχεία που βρήκαμε ισχύουν και πάλι.



$B_1 = 2,08 \cdot \pi \cdot 10^{-6}\ T$, $B_2 = 3 \cdot B_1 \Leftrightarrow$

$B_2 = 6,25 \cdot \pi \cdot 10^{-6}\ T$.

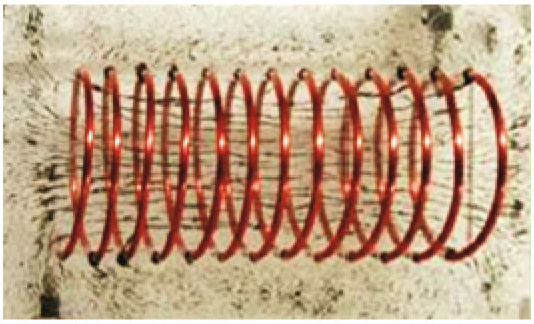
Τότε όμως συνολικά στο κέντρο Κ του κύκλου η συνολική μαγνητική επαγωγή θα είναι ίση με:

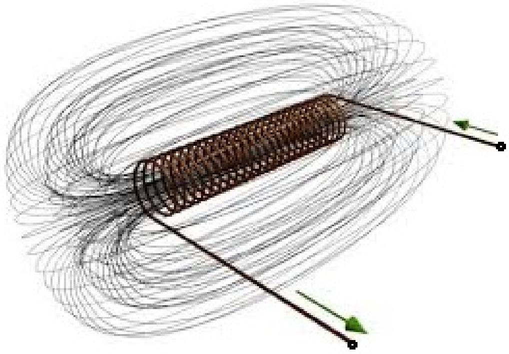
$\Sigma B_K = B_2 + B_1 = 3 \cdot B_1 + B_1 = 4 \cdot B_1 \Leftrightarrow$

$\Sigma B_K = 4 \cdot 2,08 \cdot \pi \cdot 10^{-6} \Leftrightarrow \Sigma B_K = 8,33 \cdot \pi \cdot 10^{-6}\ T$.

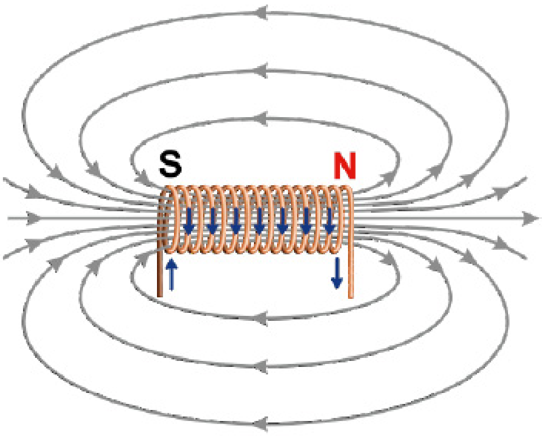
3 ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ ΣΩΛΗΝΟΕΙΔΟΥΣ

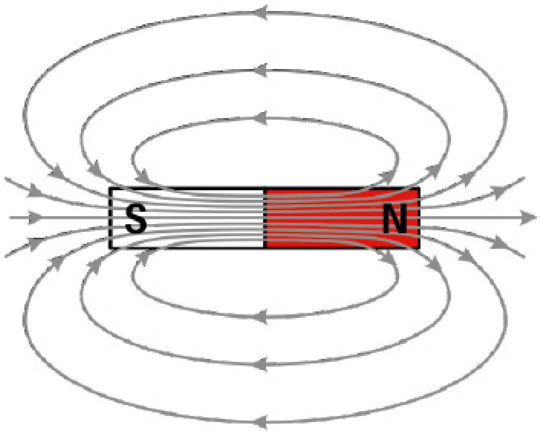
* Αν έναν ευθύγραμμο αγωγό τον τυλίξουμε πυκνά, έτσι ώστε να δημιουργήσουμε πολλούς μικρούς κυκλικούς αγωγούς , το μαγνητικό πεδίο που δημιουργεί το ίδιο το σύρμα στο εσωτερικό του είναι πολύ ισχυρό.
  Ένα σύνολο τέτοιων κυκλικών αγωγών , δηλαδή η πυκνή περιέλιξη σύρματος γύρω από ένα μονωτικό κύλινδρο , ώστε να ισαπέχουν μεταξύ τους , αποτελεί ένα σωληνοειδές πηνίο.
  Κάθε ένας κυκλικός αγωγός λέμε ότι αποτελεί μία **σπείρα** του σωληνοειδούς , ενώ η ευθεία που ορίζεται από τα κέντρα των σπειρών λέγεται άξονας του σωληνοειδούς.
* Για να εξετάσουμε το μαγνητικό πεδίο ενός σωληνοειδούς, χρησιμοποιούμε μία συσκευή φάσματος σωληνοειδούς. Σκορπίζουμε στην πλαστική διαφανή πλάκα ρινίσματα σιδήρου και διαβιβάζουμε ρεύμα στο σωληνοειδές. Κτυπώντας ελαφρά τη διαφανή πλάκα, βλέπουμε τη μορφή του φάσματος του μαγνητικού πεδίου που δημιουργείται.





* Με τη βοήθεια της μαγνητικής βελόνας , βρίσκουμε ότι το ένα άκρο του σωληνοειδούς συμπεριφέρεται σαν **βόρειος πόλος** (σημείο εξόδου των μαγνητικών γραμμών) και το άλλο σαν νότιος, (σημείο εισόδου των μαγνητικών γραμμών). Ενώ στον ευθύγραμμο ρευματοφόρο αγωγό δεν βρίσκουμε μαγνητικούς πόλους , αντίθετα το σωληνοειδές συμπεριφέρεται όπως ένας ραβδόμορφος μαγνήτης , με το άξονά του να συμπίπτει με αυτόν του σωληνοειδούς.



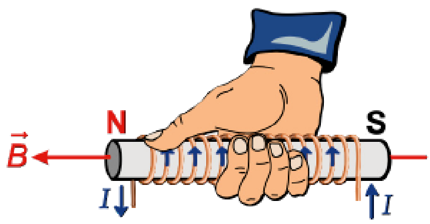


Μπορούμε να επιβεβαιώσουμε την παραπάνω παρατήρηση και με ένα απλό **πείραμα**.
Κρεμάμε με δύο λεπτά αγώγιμα νήματα, ένα αρκετά μεγάλο και σχετικά ελαφρύ σωληνοειδές και διοχετεύουμε μέσα από τα νήματα ρεύμα περίπου 2 A. Παρατηρούμε ότι μετά από μερικές αιωρήσεις το σωληνοειδές θα προσανατολισθεί με τον άξονά του περίπου στη διεύθυνση Βορράς, Νότος , όπως δηλαδή θα συμπεριφερόταν ένας ραβδόμορφος μαγνήτης (μαγνητική βελόνα).

* Στο **εσωτερικό** του σωληνοειδούς οι μαγνητικές γραμμές είναι **παράλληλες** με τον άξονα του σωληνοειδούς και **ισαπέχουν** μεταξύ τους. Αυτό δηλώνει ότι το μαγνητικό πεδίο είναι **ομογενές**. Στον υπόλοιπο χώρο το μαγνητικό πεδίο είναι ανομοιογενές και έξω από το σωληνοειδές κατά πολύ ασθενέστερο.
  Λέμε λοιπόν ότι εφόσον το μήκος του σωληνοειδούς είναι μεγαλύτερο της διαμέτρου διατομής των σπειρών του (τουλάχιστον κατά 7 φορές) , στο **εσωτερικό** του σωληνοειδούς δημιουργείται ένα **ισχυρό ομογενές μαγνητικό πεδίο** , ενώ **έξω** από αυτό το πεδίο είναι **πρακτικά αμελητέο**.

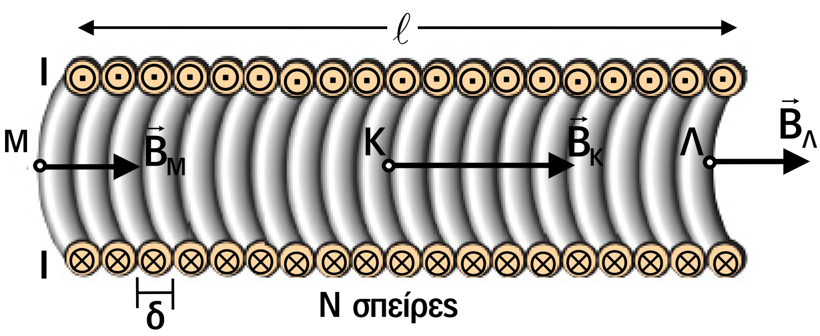
* Αποδεικνύεται ότι σε ένα σημείο Κ του άξονα του σωληνοειδούς **κοντά στο κέντρο του**, το μέτρο της επαγωγής του μαγνητικού πεδίου είναι: $B_K = 4 \cdot \pi \cdot k_\mu \cdot \frac{N}{\ell} \cdot I$, όπου **Ν** ο αριθμός των σπειρών, ℓ το μήκος του σωληνοειδούς και **Ι** η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το σωληνοειδές, θεωρώντας επίσης ότι στο εσωτερικό των σπειρών υπάρχει κενό ή αέρας.
  Το πηλίκο N/ℓ εκφράζει τον αριθμό σπειρών ανά μονάδα μήκους του σωληνοειδούς, συμβολίζεται με n , $\mathbf{n = N/\ell}$, οπότε η παραπάνω σχέση παίρνει τη μορφή $B_K = 4 \cdot \pi \cdot k_\mu \cdot n \cdot I$.

* Η φορά της μαγνητικής επαγωγής καθορίζεται από τον κανόνα της δεξιάς παλάμης. Έτσι αν τοποθετήσουμε τη δεξιά παλάμη πάνω στο σωληνοειδές ώστε η φορά των δακτύλων να συμπίπτει με τη φορά του ρεύματος που διαρρέει τις σπείρες του, τότε ο αντίχειρας θα μας δείξει τη φορά της μαγνητικής επαγωγής του πεδίου , δηλαδή θα μας δείξει το βόρειο μαγνητικό πόλο Ν του πηνίου.



* Η μαγνητική επαγωγή του πεδίου κοντά **στα άκρα του** σωληνοειδούς αποδεικνύεται ότι έχει μέτρο ίσο με το μισό του μέτρου της μαγνητικής επαγωγής στο κέντρο του σωληνοειδούς:
  $B_{άκρα} = \frac{1}{2} \cdot B_K = 2 \cdot \pi \cdot k_\mu \cdot \frac{N}{\ell} \cdot I$.

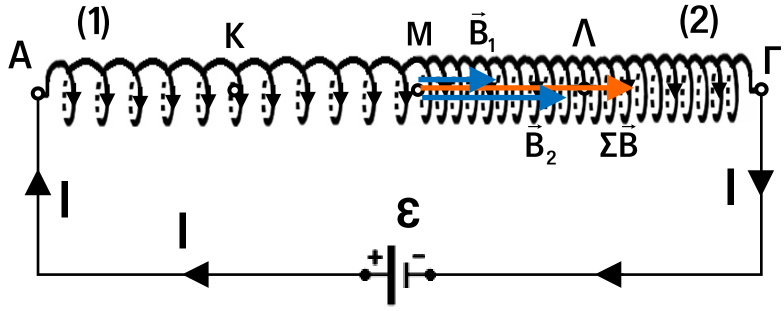
* Αν περιελίξουμε Ν φορές ένα μακρύ ευθύγραμμο αγωγό , δημιουργείται ένα σωληνοειδές μήκους ℓ με Ν σπείρες. Είναι $\ell = \delta \cdot N$, όπου δ είναι η διάμετρος του αγωγού. Το μέτρο του μαγνητικού πεδίου στο κέντρο ενός σωληνοειδούς , ακτίνας 10 cm , με 100 σπείρες ανά μέτρο (N/L) , που διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα έντασης 50 A, είναι 6 mT , δηλαδή 60 φορές μεγαλύτερο από το μέτρο του μαγνητικού πεδίου ευθύγραμμου αγωγού , στην ίδια απόσταση , όταν διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα της ίδιας έντασης.



ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 8: Υπολογισμός της μαγνητικής επαγωγής του πεδίου:

Ένα σωληνοειδές στο μισό μήκος του έχει $n_1 = 1000$ σπείρες/m και στο άλλο μισό έχει $n_1 = 4000$ σπείρες/m, ενώ διαρρέεται από ρεύμα έντασης $I = 1$ A.
Να υπολογίσετε το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου στο κέντρο του σωληνοειδούς.
Δίνεται η σταθερά του μαγνητισμού $k_\mu = 10^{-7}\ N/A^2$. (Άσκηση 23, σχολικού βιβλίου)

Επίλυση:



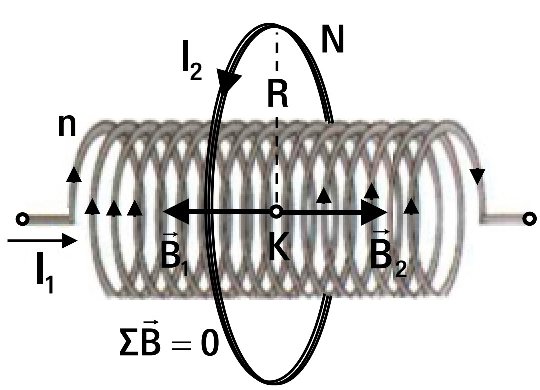
Η μαγνητική επαγωγή B_K στο κέντρο Κ του πρώτου πηνίου δίνεται από τη σχέση: $B_K = 4\cdot\pi\cdot k_\mu\cdot n_1\cdot I$ ενώ αντίστοιχα στο κέντρο Λ του δεύτερου πηνίου δίνεται από τη σχέση: $B_\Lambda = 4\cdot\pi\cdot k_\mu\cdot n_2\cdot I$. Γνωρίζουμε ότι η μαγνητική επαγωγή του πεδίου κοντά στα άκρα του σωληνοειδούς έχει μέτρο ίσο με το μισό του μέτρου της μαγνητικής επαγωγής στο κέντρο του σωληνοειδούς, άρα στο σημείο Μ που είναι το δεξί άκρο του πρώτου πηνίου και το αριστερό άκρο του δεύτερου πηνίου, έχουμε δύο εντάσεις $\vec{B}_1$ και $\vec{B}_2$ με μέτρα: $B_1 = 2\cdot\pi\cdot k_\mu\cdot n_1\cdot I = 2\cdot\pi\cdot 10^{-7}\cdot 10^3\cdot 1 \Leftrightarrow$ $B_1 = 2\cdot\pi\cdot 10^{-4}\ T$ και $B_2 = 2\cdot\pi\cdot k_\mu\cdot n_2\cdot I$
$B_2 = 2\cdot\pi\cdot k_\mu\cdot 4\cdot n_1\cdot I$ άρα $B_2 = 4\cdot B_1 \Leftrightarrow$ $B_1 = 8\cdot\pi\cdot 10^{-4}\ T$.
Σύμφωνα με τον κανόνα της δεξιάς παλάμης, αυτές είναι ομόρροπες και δίνουν συνολική μαγνητική επαγωγή: $\Sigma B_M = B_1 + B_2 = B_1 + 4\cdot B_1 = 5\cdot B_1 \Leftrightarrow \Sigma B_M = 10\cdot\pi\cdot 10^{-4}\ T$ ή $\Sigma B_M = \pi\cdot 10^{-3}\ T$.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 9: Υπολογισμός της μαγνητικής επαγωγής του πεδίου:

Ένα σωληνοειδές έχει $n = 500$ σπείρες/m και διαρρέεται από ρεύμα έντασης I_1. Κυκλικός αγωγός αποτελούμενος από $N = 10$ σπείρες περιβάλλει το σωληνοειδές στο κέντρο του με το επίπεδό του κάθετο στον άξονα του σωληνοειδούς. Όταν ο κυκλικός αγωγός διαρρέεται από ρεύμα $I_2 = 10\cdot I_1$ στο κέντρο του σωληνοειδούς η ένταση του μαγνητικού πεδίου είναι ίση με μηδέν. Να υπολογίσετε την ακτίνα R του κυκλικού αγωγού.
(Άσκηση 25, σχολικού βιβλίου)

Επίλυση:

Η μαγνητική επαγωγή B_1 στο κέντρο Κ του σωληνοειδούς εξαιτίας του μαγνητικού πεδίου του, δίνεται από τη σχέση: $B_1 = 4\cdot\pi\cdot k_\mu\cdot n\cdot I_1$, ενώ αντίστοιχα εξαιτίας της δέσμης των κυκλικών αγωγών έχουμε: $B_2 = N\cdot k_\mu\cdot\dfrac{2\cdot\pi\cdot I_2}{R}$, με το ρεύμα να διαρρέει το σύστημα με φορά αντίθετη από τους δείκτες του ρολογιού.



Σχεδιάζουμε , **σύμφωνα με τον κανόνα της δεξιάς παλάμης** , τα διανύσματα των μαγνητικών επαγωγών $\vec{B}_1$, $\vec{B}_2$, όπως φαίνεται στο σχήμα και διαπιστώνουμε ότι πρέπει να είναι αντίθετα μεταξύ τους , ώστε η συνολική μαγνητική επαγωγή να ισούται με μηδέν.

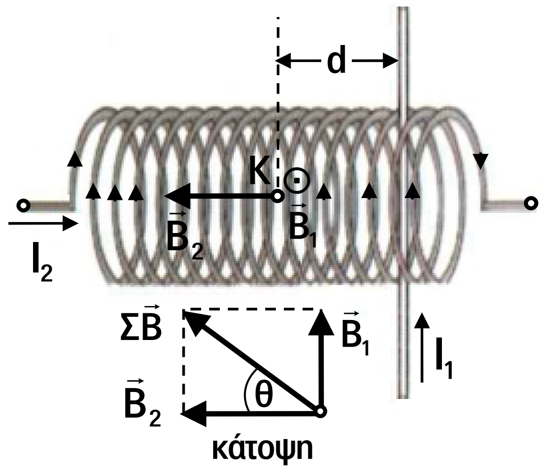
$$\Sigma B_K = 0 \Leftrightarrow B_1 - B_2 = 0 \Leftrightarrow B_1 = B_2 \Leftrightarrow 4\cdot\pi\cdot k_\mu\cdot n\cdot I_1 = N\cdot k_\mu\cdot\frac{2\cdot\pi\cdot I_2}{R} \Leftrightarrow 2\cdot n\cdot I_1 = N\cdot\frac{I_2}{R} \Leftrightarrow$$

$$R = \frac{N\cdot I_2}{2\cdot n\cdot I_1} \Leftrightarrow R = \frac{10\cdot 10\cdot I_1}{2\cdot 500\cdot I_1} \Leftrightarrow R = 0{,}1\ m.$$

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 10: Υπολογισμός της μαγνητικής επαγωγής του πεδίου:

Ευθύγραμμος αγωγός μεγάλου μήκους που διαρρέεται από ρεύμα έντασης $I_1 = 30$ A τέμνει κάθετα τον άξονα του σωληνοειδούς και απέχει από το κέντρο K του απόσταση $d = 2$ cm. Το σωληνοειδές έχει $n = 100$ σπείρες/m και διαρρέεται από ρεύμα έντασης $I_2 = 10/\pi$ A. Να υπολογίσετε το μέτρο της μαγνητικής επαγωγής του πεδίου στο κέντρο K του σωληνοειδούς. Δίνεται η σταθερά του μαγνητισμού $k_\mu = 10^{-7}\ N/A^2$. (Άσκηση 26 , σχολικού βιβλίου)

Επίλυση:



Η μαγνητική επαγωγή B_2 στο κέντρο K του σωληνοειδούς εξαιτίας του μαγνητικού πεδίου του , δίνεται από τη σχέση: $B_2 = 4\cdot\pi\cdot k_\mu\cdot n\cdot I_2$

$$B_2 = 4\cdot\pi\cdot 10^{-7}\cdot 10^2\cdot\frac{10}{\pi} \Leftrightarrow B_2 = 4\cdot 10^{-4}\ T,$$

ενώ αντίστοιχα εξαιτίας του ευθύγραμμου αγωγού έχουμε: $B_1 = k_\mu\cdot\frac{2\cdot I_1}{d} = 10^{-7}\cdot\frac{2\cdot 30}{2\cdot 10^{-2}} \Leftrightarrow$

$B_1 = 3\cdot 10^{-4}\ T$.

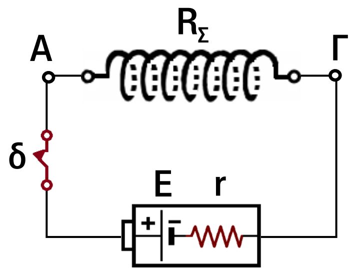
Σχεδιάζουμε , **σύμφωνα με τον κανόνα της δεξιάς παλάμης** , τα διανύσματα των μαγνητικών επαγωγών $\vec{B}_1$, $\vec{B}_2$, όπως φαίνεται στο σχήμα και διαπιστώνουμε ότι είναι κάθετα μεταξύ τους.
Εφαρμόζουμε το πυθαγόρειο θεώρημα οπότε θα βρούμε το μέτρο της συνολικής επαγωγής:

$$\Sigma B = \sqrt{B_1^2 + B_2^2} \Leftrightarrow \Sigma B = \sqrt{(3\cdot 10^{-4})^2 + (4\cdot 10^{-4})^2} = \sqrt{9\cdot(10^{-4})^2 + 16\cdot(10^{-4})^2} = \sqrt{25\cdot(10^{-4})^2} \Leftrightarrow$$

$\Sigma B = 5\cdot 10^{-4}\ T$ και την κατεύθυνσή της όπου: $\varepsilon\varphi\theta = \frac{B_1}{B_2} = \frac{3\cdot 10^{-4}}{4\cdot 10^{-4}}$ άρα $\varepsilon\varphi\theta = \frac{3}{4}$.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 11: Κύκλωμα σωληνοειδούς – αντιστάτη – πηγής:

Ομογενές και ισοπαχές σύρμα έχει μήκος $\ell = 4\cdot\pi$ m και αντίσταση ανά μονάδα μήκους $R^* = 1\ \Omega/m$. Με το σύρμα αυτό κατασκευάζουμε σωληνοειδές πηνίο μήκους L = 20 cm και ακτίνας α = 10 cm. Συνδέουμε τα άκρα του σύρματος με τους πόλους ηλεκτρικής πηγής που έχει ΗΕΔ E = 20·π V και εσωτερική αντίσταση r = π Ω. Να βρείτε:



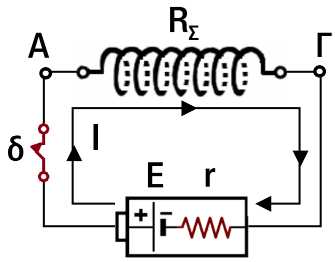
1. Τον ρυθμό της προσφερόμενης ενέργειας από την πηγή στο κύκλωμα και το ρυθμό που η πηγή μεταφέρει ενέργεια στο περιβάλλον υπό μορφή θερμότητας.
2. Την ένταση του μαγνητικού πεδίου στο εσωτερικό του πηνίου.
Σε σειρά με το πηνίο συνδέουμε αντιστάτη άγνωστης αντίστασης R_x και διαπιστώνουμε ότι τότε ο ρυθμός προσφερόμενης ενέργειας στο κύκλωμα από την πηγή , γίνεται μέγιστος.
3. Να υπολογίσετε την αντίσταση R_x.
4. Να υπολογίσετε την ένταση του μαγνητικού πεδίου στο εσωτερικό του σωληνοειδούς.
Κόβουμε το πηνίο στη μέση και συνδέουμε τα δύο πηνία στους πόλους της ίδιας πηγής.
5. Να υπολογίσετε την ένταση του μαγνητικού πεδίου στο εσωτερικό κάθε πηνίου.
6. Να υπολογίσετε την ισχύ που παρέχει η πηγή στο κύκλωμα και τη θερμική ισχύ της πηγής.
Δίνεται η σταθερά του μαγνητισμού $k_\mu = 10^{-7}\ N/A^2$.

ΕΠΙΛΥΣΗ:

1. Η αντίσταση R_Σ του πηνίου (σύρματος περιέλιξης) είναι: $R_\Sigma = R^*\cdot\ell = 4\cdot\pi\cdot 1 \Leftrightarrow \boxed{R_\Sigma = 4\cdot\pi\ \Omega}$.

Το κύκλωμα διαρρέεται από ρεύμα έντασης: $I = \frac{E}{R_{ολ}} \Leftrightarrow I = \frac{E}{R_\Sigma + r} = \frac{20\cdot\pi}{4\cdot\pi+\pi} \Leftrightarrow \boxed{I = 4\ A}$.

Ο ρυθμός της προσφερόμενης ενέργειας από την πηγή είναι:



$$\frac{dW_{πηγ.}}{dt} = P_{πηγ.} = E\cdot I = 20\cdot\pi\cdot 4 \Leftrightarrow \boxed{P_{πηγ.} = 80\cdot\pi\ W}.$$

Ο ρυθμός παραγωγής θερμότητας από την πηγή είναι:

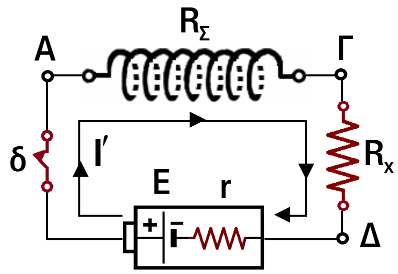
$$\frac{dQ_r}{dt} = P_r = I^2\cdot r = 4^2\cdot\pi \Leftrightarrow \boxed{P_r = 16\cdot\pi\ W}.$$

2. Βρίσκουμε τον αριθμό των σπειρών από το μήκος του σύρματος περιέλιξης στη λογική, ότι σε μια Περιέλιξη αντιστοιχεί μήκος σύρματος όσο μια περίμετρος της σπείρας, οπότε επί τον αριθμό των σπειρών προκύπτει το συνολικό μήκος του σύρματος: $\ell = N\cdot 2\cdot\pi\cdot\alpha \Leftrightarrow N = \frac{\ell}{2\cdot\pi\cdot\alpha} \Leftrightarrow$

$N = \frac{4\cdot\pi}{2\cdot\pi\cdot 0,1} \Leftrightarrow \boxed{N = 20\ \text{σπείρες}}$. Η ένταση του μαγνητικού πεδίου στο κέντρο του πηνίου είναι:

$$B_K = 4\cdot\pi\cdot k_\mu\cdot\frac{N}{L}\cdot I = 4\cdot\pi\cdot 10^{-7}\cdot\frac{20}{0,2}\cdot 4 \Leftrightarrow \boxed{B_K = 1,6\cdot\pi\cdot 10^{-4}\ T}.$$

3. Σύμφωνα με την αρχή διατήρησης της ενέργειας για αυτό το κύκλωμα έχουμε: $W_{πηγ} = Q_{R_\Sigma} + Q_{R_x} + Q_r \Leftrightarrow$



$$\frac{dW_{πηγ}}{dt} = \frac{dQ_{R_\Sigma}}{dt} + \frac{dQ_{R_x}}{dt} + \frac{dQ_r}{dt} \Leftrightarrow$$

$$\boxed{P_{πηγ} = P_{\Sigma\omega\lambda} + P_{R_x} + P_r} \Leftrightarrow E\cdot I' = P_{\Sigma\omega\lambda} + I'^2\cdot R_x + I'^2\cdot r$$

$(R_x + r)\cdot I'^2 - E\cdot I' + P_{Σωλ} = 0$. Η τελευταία εξίσωση είναι δευτέρου βαθμού ως προς I', οπότε θα έχει πραγματικές ρίζες όταν $Δ \geq 0$: $E^2 - 4\cdot(R_x + r)\cdot P_{Σωλ} \geq 0 \Leftrightarrow P_{Σωλ} \leq \frac{E^2}{4\cdot(R_x + r)}$

Η μέγιστη τιμή της θερμικής ισχύος στο σωληνοειδές είναι: $P_{Σωλ(max)} = \frac{E^2}{4\cdot(R_x + r)}$, όπου αντιστοιχεί σε $Δ = 0$, άρα $I' = \frac{-(-E)}{2\cdot(R_x + r)} \Leftrightarrow I' = \frac{E}{2\cdot(R_x + r)}$. Σύμφωνα με το νόμο του Ohm για το κλειστό κύκλωμα, αυτό διαρρέεται από ρεύμα έντασης: $I' = \frac{E}{R'_{ολ}} \Leftrightarrow I' = \frac{E}{R_Σ + R_x + r}$,

οπότε ισχύει $\frac{E}{2\cdot(R_x + r)} = \frac{E}{R_Σ + R_x + r} \Leftrightarrow 2\cdot(R_x + r) = R_Σ + R_x + r \Leftrightarrow 2\cdot R_x + 2\cdot r = R_Σ + R_x + r \Leftrightarrow$

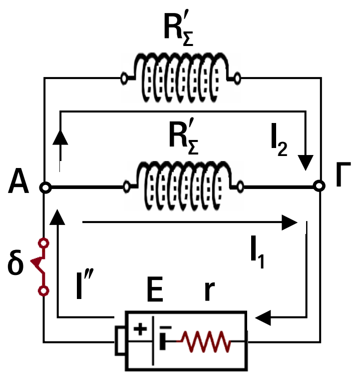
$R_x = R_Σ - r = 4\cdot π - π \Leftrightarrow R_x = 3\cdot π\ Ω$ και αντίστοιχα $P_{Σωλ(max)} = \frac{(20\cdot π)^2}{4\cdot(3\cdot π + π)} = \frac{400\cdot π^2}{16\cdot π}$

$P_{Σωλ(max)} = 25\cdot π\ W$.

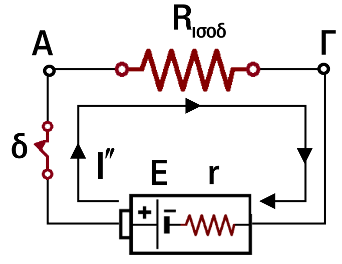
4. Η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα είναι: $I' = \frac{E}{R_Σ + R_x + r} = \frac{20\cdot π}{4\cdot π + 3\cdot π + π} \Leftrightarrow$

$I' = \frac{20\cdot π}{8\cdot π} \Leftrightarrow I' = 2{,}5\ A$. Επομένως η ένταση του μαγνητικού πεδίου στο κέντρο του σωληνοειδούς είναι: $B'_K = 4\cdot π\cdot k_μ\cdot\frac{N}{L}\cdot I' = 4\cdot π\cdot 10^{-7}\cdot\frac{20}{0{,}2}\cdot 2{,}5 \Leftrightarrow B'_K = 1\cdot π\cdot 10^{-4}\ T$.

5. Αν κόψουμε το σωληνοειδές στη μέση τότε καθένα από τα δύο κομμάτια έχει μισό αριθμό σπειρών $N' = N/2$, μισό μήκος $L' = L/2$ και φυσικά τη μισή αντίσταση $R'_Σ = R_Σ/2$. Όταν συνδεθούν παράλληλα στην πηγή, η ισοδύναμη αντίσταση του κυκλώματος είναι $R_{ισοδ} = \frac{R'_Σ\cdot R'_Σ}{R'_Σ + R'_Σ} = \frac{R'_Σ}{2} = \frac{R_Σ}{4}$ άρα $R_{ισοδ} = 1\cdot π\ Ω$ και η ολική αντίσταση του κυκλώματος είναι $R''_{ολ} = R_{ισοδ} + r = 1\cdot π + 1\cdot π \Leftrightarrow$ $R''_{ολ} = 2\cdot π\ Ω$. Σύμφωνα με το νόμο του Ohm για το κλειστό κύκλωμα, αυτό διαρρέεται από ρεύμα έντασης: $I'' = \frac{E}{R''_{ολ}} \Leftrightarrow$



$I'' = \frac{20\cdot π}{2\cdot π} \Leftrightarrow I'' = 10\ A$. Η τάση στα άκρα Α,Γ είναι $V_{ΑΓ} = I''\cdot R_{ισοδ}$ $V_{ΑΓ} = 10\cdot π\ V$, οπότε κάθε πηνίο διαρρέεται από το ίδιο ρεύμα που έχει ένταση: $I_1 = I_2 = \frac{V_{ΑΓ}}{R'_Σ} = \frac{10\cdot π}{2\cdot π} \Leftrightarrow I_1 = I_2 = 5\ A$.



Επομένως η ένταση του μαγνητικού πεδίου στο εσωτερικό κάθε πηνίου είναι: $B_{K(1)} = B_{K(2)} = 4\cdot π\cdot k_μ\cdot\frac{N'}{L'}\cdot I_1 = 4\cdot π\cdot 10^{-7}\cdot\frac{10}{0{,}1}\cdot 5$

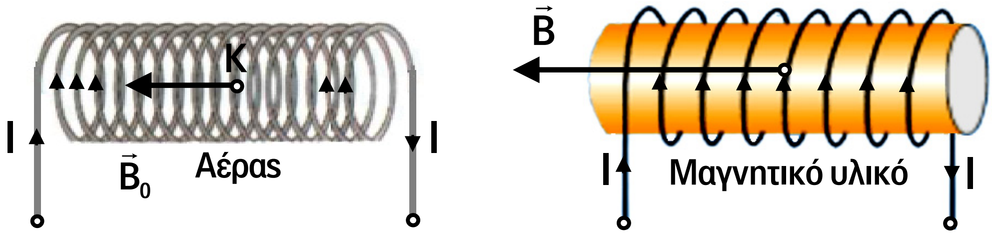
$\Leftrightarrow B_{K(1)} = B_{K(2)} = 2\cdot π\cdot 10^{-4}\ T$.

6. Η ισχύς που παρέχει η πηγή στο κύκλωμα είναι: $P_{πηγ.} = E\cdot I'' = 20\cdot π\cdot 5 \Leftrightarrow P_{πηγ.} = 100\cdot π\ W$.

Η θερμική ισχύ της πηγής είναι: $P_r = I''^2\cdot r = 5^2\cdot π \Leftrightarrow P_r = 25\cdot π\ W$.

4 Η ΥΛΗ ΜΕΣΑ ΣΤΟ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ

Η μαγνητική επαγωγή του πεδίου είναι B_0 όταν στο εσωτερικό του σωληνοειδούς υπάρχει αέρας και γίνεται **B** όταν το εσωτερικό γεμίσει με κατάλληλο υλικό όπως π.χ. ο **μαλακός σίδηρος**. Διαπιστώνουμε ότι $B > B_0$ αν και όλα τα μεγέθη τα έχουμε κρατήσει σταθερά , άρα η αύξηση αυτή της μαγνητικής επαγωγής του πεδίου πρέπει να οφείλεται στον πυρήνα του μαλακού σιδήρου που βάλαμε στο σωληνοειδές.



Γενικότερα το πηλίκο B / B_0 ονομάζεται μαγνητική διαπερατότητα μ του υλικού: $\mu = \dfrac{B}{B_0}$.

Η μαγνητική διαπερατότητα δείχνει πόσες φορές **αυξήθηκε** ή **ελαττώθηκε** η μαγνητική επαγωγή του πεδίου , λόγω της παρουσίας κάποιου μαγνητικού υλικού που εισάγεται στο εσωτερικό του, και είναι **καθαρός** αριθμός.

Η πειραματική έρευνα έδειξε ότι όλα τα υλικά, όταν βρεθούν μέσα σε μαγνητικό πεδίο παρουσιάζουν μαγνητικές ιδιότητες και διακρίνονται σε τρεις μεγάλες **κατηγορίες**.

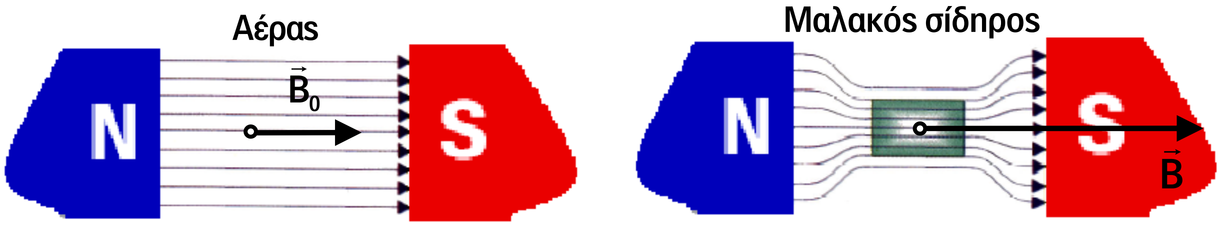
1. **Διαμαγνητικά υλικά:** Τα υλικά αυτά όταν εισαχθούν σε ένα μαγνητικό πεδίο αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την πολύ μικρή μείωση της μαγνητικής τους επαγωγής. Τέτοια είναι ο Άνθρακας (C) ο Χαλκός (Cu), ο άργυρος (Ag), ο Ψευδάργυρος (Zn), το μοριακό υδρογόνο (H_2) τα οποία έχουν μαγνητική διαπερατότητα λίγο μικρότερη της μονάδας , όπως π.χ. $\mu = 0{,}9991$.

2. **Παραμαγνητικά υλικά:** Τα υλικά αυτά όταν εισαχθούν σε ένα μαγνητικό πεδίο αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την πολύ μικρή αύξηση της μαγνητικής τους επαγωγής. Τέτοια είναι το Αργίλιο (Al) το Χρώμιο (Cr) , Μαγνήσιο (Mg) , Μαγγάνιο (Mn) , Λευκόχρυσος (Pt) τα οποία έχουν μαγνητική διαπερατότητα λίγο μεγαλύτερη της μονάδας , όπως π.χ. $\mu = 1{,}0002$.

3. **Σιδηρομαγνητικά υλικά:** Τα υλικά αυτά όταν εισαχθούν σε ένα μαγνητικό πεδίο αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την πολύ μεγάλη αύξηση της μαγνητικής του επαγωγής. Τα υλικά αυτά είναι ο σίδηρος (Fe) , το Κοβάλτιο (Co) και το Νικέλιο (Ni) και η μαγνητική τους διαπερατότητα είναι πολύ μεγαλύτερη της μονάδας , π.χ. $\mu = 1000$.
   Η αύξηση της μαγνητικής επαγωγής του πεδίου χωρίς να αυξηθεί το ρεύμα , προέρχεται από τον προσανατολισμό των στοιχειωδών μαγνητικών περιοχών (περιοχές **Weiss**) , του μαλακού σιδήρου , που προκαλείται από το εξωτερικό μαγνητικό πεδίο B_0 του σωληνοειδούς.

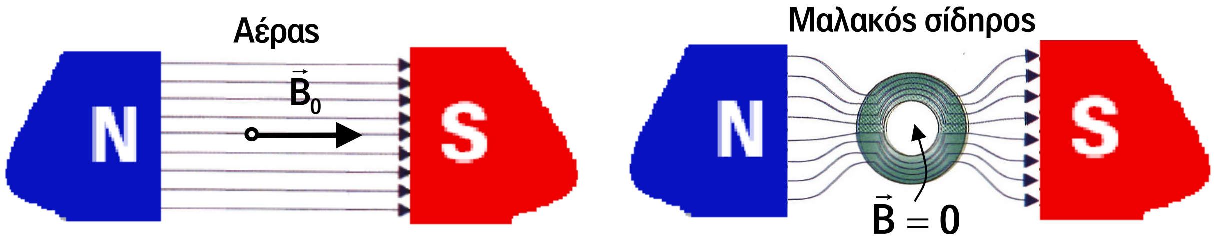
Παραμόρφωση μαγνητικού πεδίου λόγω της παρουσίας μαλακού σιδήρου

Θεωρούμε το φάσμα ενός ομογενούς μαγνητικού πεδίου που δημιουργείται από δύο ραβδόμορφους μαγνήτες που τοποθετούνται έτσι ώστε ο βόρειος πόλος (Ν) του πρώτου να είναι απέναντι από το νότιο πόλο (S) του δεύτερου.



Μετά την εισαγωγή του μαλακού σιδήρου το φάσμα αλλοιώνεται και οι μαγνητικές γραμμές του Παραμορφώνονται , ώστε να φαίνεται να θέλουν να περάσουν όσο το δυνατό περισσότερες μέσα από το σίδηρο , πύκνωμα των μαγνητικών γραμμών , άρα αύξηση της μαγνητικής επαγωγής.

Παραμόρφωση των μαγνητικών γραμμών του πεδίου συμβαίνει επίσης και στην περίπτωση που στο εσωτερικό του τοποθετήσουμε σιδερένιο κυκλικό δακτύλιο , οπότε παρατηρούμε ότι πολλές μαγνητικές γραμμές παραμορφώνονται και περνούν μέσα από τη μάζα του σιδήρου , ενώ από το κοίλωμα δεν περνά καμία μαγνητική γραμμή και άρα σε αυτόν το χώρο δεν υπάρχει μαγνητικό πεδίο.



Την ιδιότητα αυτή εκμεταλλευόμαστε, όταν θέλουμε να προστατεύσουμε τα ρολόγια από ισχυρούς μαγνήτες , μαγνητική θωράκιση , (αντιμαγνητικά ρολόγια).

Ηλεκτρομαγνήτης

Είδαμε ότι σε ένα σημείο Κ του άξονα του σωληνοειδούς με αέρα κοντά στο κέντρο του , το μέτρο της επαγωγής του μαγνητικού πεδίου είναι: $B_0 = 4 \cdot \pi \cdot k_\mu \cdot \frac{N}{\ell} \cdot I$, όπου **N** ο αριθμός των σπειρών, ℓ το μήκος του σωληνοειδούς και **I** η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το σωληνοειδές.

Αν μέσα στο σωληνοειδές βάλουμε κάποιο σιδηρομαγνητικό υλικό τότε η μαγνητική επαγωγή του μαγνητικού πεδίου του σωληνοειδούς θα δίνεται από τη σχέση $B = \mu \cdot B_0$ ή $B = \mu \cdot 4 \cdot \pi \cdot k_\mu \cdot \frac{N}{\ell} \cdot I$.

Αν για παράδειγμα χρησιμοποιήσουμε **μαλακό σίδηρο** που έχει $\mu = 15.000$ τότε η επαγωγή του μαγνητικού πεδίου θα μεγαλώσει κατά 15.000 φορές.
Η **μαγνήτιση** του **μαλακού σιδήρου** είναι **παροδική** και παύει πρακτικά να υφίσταται μετά τη διακοπή του ρεύματος στο σωληνοειδές.

Το σύστημα που αποτελούν το **σωληνοειδές** και η **ράβδος μαλακού σιδήρου** μέσα σ' αυτό , το ονομάζουμε **ηλεκτρομαγνήτη**.

Αν αντί για μαλακό σίδηρο **βάλουμε χάλυβα**, μαγνητικά σκληρό υλικό, διαπιστώνουμε ότι, ακόμα και αν διακόψουμε το ρεύμα, ο χάλυβας **διατηρεί τις μαγνητικές του ιδιότητες** , γίνεται δηλαδή ένας **μόνιμος μαγνήτης**.

Το πολύ ισχυρό μαγνητικό πεδίο που δημιουργείται με τη βοήθεια ενός ηλεκτρομαγνήτη μαλακού σιδήρου μπορούμε να εκμεταλλευτούμε για να σηκώνουμε πολύ βαριά αντικείμενα. Ένας γερανός εφοδιασμένος με ένα τέτοιο ηλεκτρομαγνήτη ονομάζεται **ηλεκτρομαγνητικός γερανός**.

5 ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΔΥΝΑΜΗ LAPLACE

Όπως έχουμε δει , κάθε μαγνητικό πεδίο έχει την ιδιότητα να ασκεί μαγνητική δύναμη σε άλλους μαγνήτες στο χώρο , επομένως , ένα μαγνητικό πεδίο θα ασκεί μαγνητική δύναμη και σε ένα ρευματοφόρο αγωγό που θα βρεθεί εντός του. Αυτή η ηλεκτρομαγνητική δύναμη που ασκείται στον αγωγό , ονομάζεται δύναμη Laplace , προς τιμήν του Γάλλου μαθηματικού Pierre – Simon Laplace.

Χαρακτηριστικά της δύναμης Laplace:

Το **μέτρο** της δύναμης **Laplace F_L** είναι **ανάλογο**:

Α) του **μήκους ℓ** του ρευματοφόρου αγωγού που βρίσκεται μέσα στο μαγνητικό πεδίο,
Β) της **έντασης I** του ρεύματος που διαρρέει τον αγωγό,
Γ) της **μαγνητικής επαγωγής B** του μαγνητικού πεδίου,
Δ) του **ημιτόνου της γωνίας φ** που σχηματίζει ο αγωγός με τη διεύθυνση των **μαγνητικών** γραμμών.

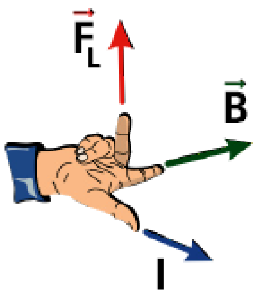
Τα παραπάνω συνοψίζονται στη σχέση: $F_L = B \cdot I \cdot \ell \cdot ημφ$.

Το **διάνυσμα** της δύναμης **Laplace** $\vec{F}_L$ έχει:

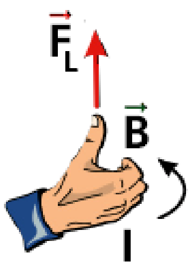
Α) **σημείο εφαρμογής** το μέσο του τμήματος του αγωγού που βρίσκεται μέσα στο μαγνητικό πεδίο,
Β) **διεύθυνση κάθετη στο επίπεδο** που ορίζεται από τον **αγωγό** και τη διεύθυνση των **μαγνητικών** γραμμών,
Γ) **φορά** που καθορίζεται

i) με τον **κανόνα των τριών δακτύλων** του **δεξιού χεριού**.
Συγκεκριμένα , τεντώνουμε τον **δείκτη** , τον **αντίχειρα** και το **μεσαίο δάκτυλο** έτσι ώστε να σχηματίζουν **τρισορθογώνιο σύστημα αξόνων**.

- Τοποθετούμε τον **δείκτη** ώστε να δείχνει τη φορά του **μαγνητικής επαγωγής B** του πεδίου,
- Τον **αντίχειρα** έτσι ώστε να δείχνει την φορά της **έντασης I** του ηλεκτρικού ρεύματος,
- Οπότε το **μεσαίο δάκτυλο** δείχνει τη φορά της δύναμης **Laplace F_L.**



Κανόνας τριών δακτύλων δεξιού χεριού



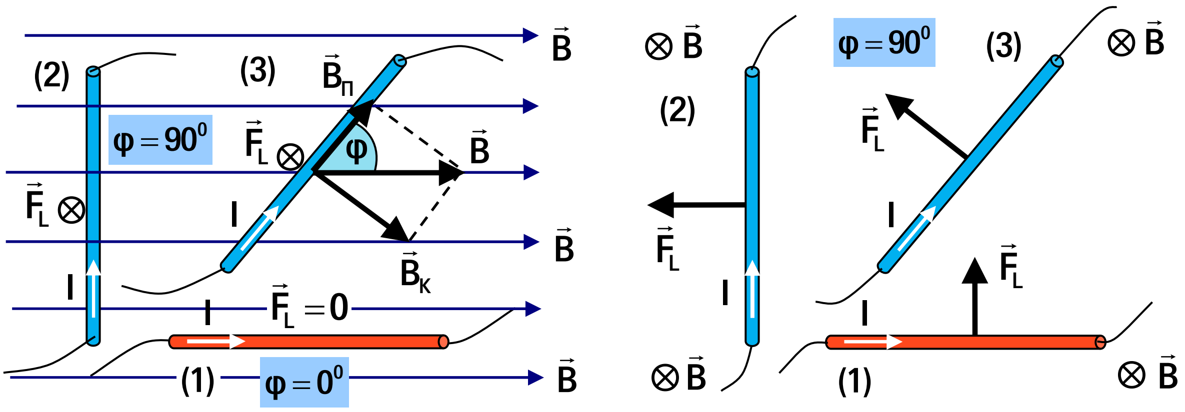
Μέθοδος δεξιάς παλάμης

ii) Με τη **μέθοδο** της **δεξιάς παλάμης**.

- Τοποθετούμε τα τεντωμένα δάκτυλα του δεξιού χεριού, έτσι ώστε να δείχνουν την φορά της **έντασης** του ηλεκτρικού **ρεύματος I** , που διαρρέει τον ευθύγραμμο αγωγό.
- Στη συνέχεια τα λυγίζουμε (στρίβουμε) προς την **μαγνητικής επαγωγής B** του μαγνητικού πεδίου, από την μικρότερη γωνία.
- Ο **τεντωμένος αντίχειρας** δείχνει τη **φορά της δύναμης Laplace** $\vec{F}_L$ που δέχεται ο αγωγός.

Διερεύνηση:

1) Όταν ο ευθύγραμμος αγωγός είναι τοποθετημένος παράλληλα στις μαγνητικές γραμμές του πεδίου , δεν δέχεται δύναμη , άρα $F_L = 0$.



2) Όταν ο ευθύγραμμος αγωγός είναι τοποθετημένος κάθετα στις μαγνητικές γραμμές του πεδίου, τότε δέχεται δύναμη , το μέτρο της οποίας είναι $F_L = B \cdot I \cdot \ell$ και η κατεύθυνσή της σύμφωνα με τον **κανόνα των τριών δακτύλων** του **δεξιού χεριού**.

3) Όταν ο ευθύγραμμος αγωγός σχηματίζει γωνία $0^0 < \varphi < 90^0$ σε σχέση με τις μαγνητικές γραμμές του πεδίου , η γωνία νοείται σαν η μικρότερη γωνία στροφής του αγωγού σύμφωνα με τη φορά του ρεύματος προς τη **μαγνητική επαγωγή** $\vec{B}$, τότε το διάνυσμα $\vec{B}$ αναλύεται σε δύο συνιστώσες , μια κάθετη $\vec{B}_K$ και μια παράλληλη $\vec{B}_\Pi$ προς τον αγωγό. Εξαιτίας της παράλληλης συνιστώσας δεν υπάρχει μαγνητική δύναμη, ενώ εξαιτίας της παράλληλης συνιστώσας ασκείται μαγνητική δύναμη **Laplace** $\vec{F}_L$, σύμφωνα με τη σχέση: $F_L = B_K \cdot I \cdot \ell$ ή $F_L = B \cdot I \cdot \ell \cdot \eta\mu\varphi$.
Σε κάθε περίπτωση η διεύθυνση της δύναμης **Laplace** $\vec{F}_L$,είναι κάθετη στο επίπεδο που ορίζουν ο αγωγός με τις μαγνητικές γραμμές.

*** Ο ορισμός του μέτρου της μαγνητικής επαγωγής του πεδίου προκύπτει από τον τύπο του νόμου του Laplace.**

Το μέτρο της **μαγνητικής επαγωγής** του πεδίου , είναι ίσο με το πηλίκο της δύναμης Laplace που ασκείται σε ευθύγραμμο ρευματοφόρο αγωγό μήκους ℓ που βρίσκεται μέσα στο μαγνητικό πεδίο, κάθετα στις μαγνητικές γραμμές, προς το γινόμενο της έντασης I του ρεύματος επί το μήκος ℓ του αγωγού, δηλαδή: $B = \dfrac{F_L}{I \cdot \ell}$.

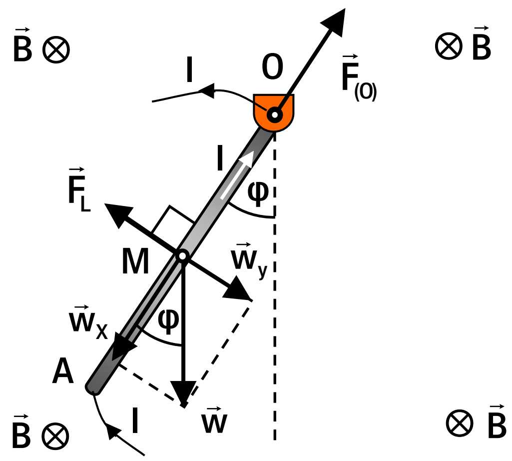
Η μονάδα μέτρησης της **μαγνητικής επαγωγής** του πεδίου ονομάζεται Tesla και συμβολίζεται με **1T** , προς τιμή του Κροάτη φυσικού και εφευρέτη Nicola Tesla.

Ένα **Tesla** είναι η **μαγνητική επαγωγή** του ομογενούς μαγνητικού πεδίου το οποίο ασκεί δύναμη **1 N** πάνω σε ευθύγραμμο αγωγό, που έχει μήκος **1 m** , όταν διαρρέεται από ρεύμα έντασης **1 A** και βρίσκεται μέσα στο πεδίο τέμνοντας κάθετα τις μαγνητικές του γραμμές , $1\,T = \dfrac{1\,N}{1\,A \cdot 1\,m}$.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 12: Υπολογισμός της μαγνητικής επαγωγής:

Ένας ευθύγραμμος αγωγός μήκους $\ell = 40$ cm κρέμεται από το ένα άκρο κατακόρυφα μέσα σε οριζόντιο ομογενές μαγνητικό πεδίο. Όταν μέσα στον αγωγό διαβιβάσουμε ρεύμα έντασης $I = 5$ A ο αγωγός εκτρέπεται και ισορροπεί ώστε να σχηματίζει με την κατακόρυφο γωνία $\varphi = 30°$. Αν η μάζα του αγωγού είναι m = 100 g , να υπολογίσετε τα ακόλουθα:
1. το μέτρο της μαγνητικής επαγωγής του πεδίου B.
2. το μέτρο και την κατεύθυνση της δύναμης που δέχεται ο αγωγός από την άρθρωση.
Δίνεται η επιτάχυνση της βαρύτητας $g = 10\ m/s^2$, ημ30^0 = 0,5 και συν$30^0 = 0{,}5\cdot\sqrt{3}$.
(Άσκηση 28 , σχολικού βιβλίου)

Επίλυση:



1. Ο ρευματοφόρος αγωγός δέχεται τρείς δυνάμεις, το βάρος της w, που αναλύεται στις συνιστώσες w_x και w_y, τη μαγνητική δύναμη Laplace F_L και τη δύναμη στην άρθρωση $F_{(O)}$, με μέτρα:

$w_x = m\cdot g\cdot \text{συν}\varphi = 0{,}1\cdot 10\cdot 0{,}5\cdot\sqrt{3} \Leftrightarrow$

$w_x = 0{,}5\cdot\sqrt{3}\ \text{N}$ και $w_y = m\cdot g\cdot \text{ημ}\varphi \Leftrightarrow$

$w_y = 0{,}1\cdot 10\cdot 0{,}5 \Leftrightarrow w_y = 0{,}5\ \text{N}$.

$F_L = B\cdot I\cdot\ell \Leftrightarrow B = \dfrac{F_L}{I\cdot\ell}$.

Για να ισορροπεί η ράβδος , πρέπει η συνισταμένη των ροπών ως προς το σημείο Ο της άρθρωσης και η συνισταμένη των δυνάμεων να είναι ίση με μηδέν. Έχουμε: $\Sigma\vec{\tau}_{(O)} = 0 \Leftrightarrow \tau_{F_L} + \tau_w + \tau_{F_{(O)}} = 0 \Leftrightarrow -F_L\cdot(OM) + w_y\cdot(OM) + 0 = 0 \Leftrightarrow$

$F_L = w_y$ άρα $F_L = 0{,}5\ \text{N}$ οπότε $B = \dfrac{0{,}5}{5\cdot 0{,}4} \Leftrightarrow B = 0{,}25\ \text{T}$.

2. Η δεύτερη συνθήκη ισορροπίας της ράβδου δίνει:

$\Sigma\vec{F}_y = 0 \Leftrightarrow F_L = w_y = 0{,}5\ \text{N}$ και $\Sigma\vec{F}_x = 0$ άρα $F_{(O)} = w_x \Leftrightarrow F_{(O)} = 0{,}5\cdot\sqrt{3}\ \text{N}$.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 13: Υπολογισμός της έντασης του ρεύματος:

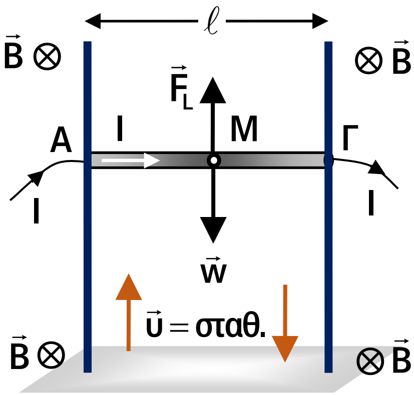
Ένας ευθύγραμμος ρευματοφόρος αγωγός μήκους $\ell = 20$ cm και μάζας $m = 100$ g μπορεί να μετακινείται πάνω σε δύο κατακόρυφους μονωτικούς αγωγούς χωρίς τριβές. Το σύστημα βρίσκεται μέσα σε οριζόντιο ομογενές μαγνητικό πεδίο επαγωγής $B = 2$ T.
Να υπολογίσετε την ένταση του ρεύματος που πρέπει να διαρρέει τον αγωγό, ώστε αυτός:
1. να κατεβαίνει ή να ανεβαίνει με σταθερή ταχύτητα,
2. να κατεβαίνει με επιτάχυνση $a = g/3$ ή να ανεβαίνει με επιβράδυνση $a = g/3$,
3. να ανεβαίνει με επιτάχυνση $a = g/4$ ή να κατεβαίνει με επιβράδυνση $a = g/4$,
4. να κατεβαίνει με επιτάχυνση $a = 3\cdot g/2$ ή να ανεβαίνει με επιβράδυνση $a = 3\cdot g/2$.
Δίνεται η επιτάχυνση της βαρύτητας $g = 10$ m/s^2 . (Άσκηση 30 , σχολικού βιβλίου)

Επίλυση:

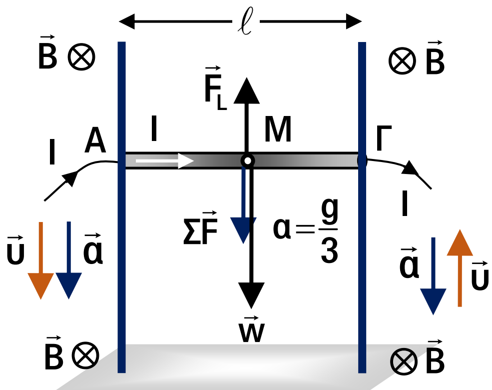
1. Οι δυνάμεις που δέχεται ο αγωγός είναι το βάρος **w** κατακόρυφα προς τα κάτω και η δύναμη Laplace **F_L** προς τα πάνω σύμφωνα με τον **κανόνα των τριών δακτύλων** του **δεξιού χεριού**, οι οποίες πρέπει να έχουν συνισταμένη μηδέν , ώστε να έχουμε σύμφωνα με τον πρώτο νόμο του Newton κίνηση με σταθερή ταχύτητα. Επομένως αυτές οι δυνάμεις πρέπει να είναι αντίθετες μεταξύ τους.

Έχουμε $\Sigma\vec{F} = 0 \Leftrightarrow F_L = w \Leftrightarrow B\cdot I\cdot \ell = m\cdot g$

$\Leftrightarrow I = \dfrac{m\cdot g}{B\cdot \ell} = \dfrac{0,1\cdot 10}{2\cdot 0,2} \Leftrightarrow \boxed{I = 2,5\ A}$.



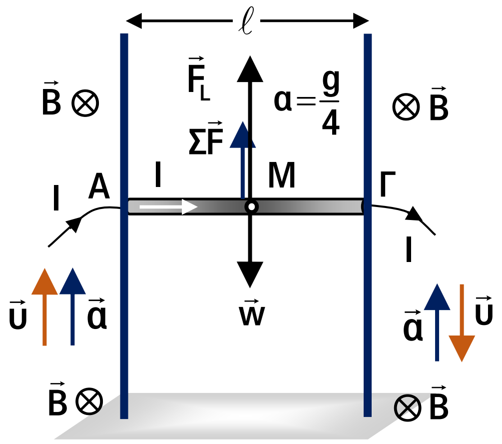
2. Στην επιταχυνόμενη προς τα **κάτω** κίνηση και τα δύο διανύσματα ταχύτητας και επιτάχυνσης είναι **ομόρροπα** προς τα **κάτω** , ενώ στην περίπτωση της επιβραδυνόμενης προς τα **πάνω** κίνησης, τα δύο διανύσματα ταχύτητας και επιτάχυνσης είναι **αντίρροπα**, $\vec{υ}$ προς τα πάνω και $\vec{a}$ προς τα **κάτω.** Και στις δύο περιπτώσεις η επιτάχυνση $\vec{a}$ έχει φορά προς τα **κάτω** , οπότε σύμφωνα με τον δεύτερο νόμο του Newton , η **συνισταμένη** των **δυνάμεων** είναι ομόρροπη της επιτάχυνσης, άρα προς τα **κάτω** , με **μέτρο**: $\boxed{\Sigma F = m\cdot a} = m\cdot \dfrac{g}{3}$



$\Leftrightarrow \boxed{\Sigma F = \dfrac{w}{3}}$. Οι δυνάμεις που δέχεται ο αγωγός είδαμε ότι είναι το βάρος **w** προς τα κάτω και η δύναμη Laplace **F_L** προς τα **πάνω** , οι οποίες πρέπει να είναι αντίρροπες μεταξύ τους με **w > F_L** και πρέπει να δίνουν: $\boxed{\Sigma F = w - F_L}$ οπότε $\dfrac{w}{3} = w - F_L \Leftrightarrow F_L = \dfrac{2}{3}\cdot w \Leftrightarrow$

$B\cdot I\cdot \ell = \dfrac{2}{3}\cdot m\cdot g \Leftrightarrow I = \dfrac{2}{3}\cdot\dfrac{m\cdot g}{B\cdot \ell} = \dfrac{2}{3}\cdot\dfrac{0,1\cdot 10}{2\cdot 0,2} \Leftrightarrow \boxed{I = \dfrac{5}{3}\ A}$.

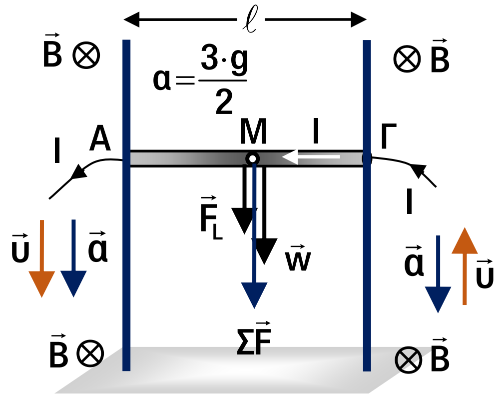
3. Στην επιταχυνόμενη προς τα **πάνω** κίνηση και τα δύο διανύσματα ταχύτητας και επιτάχυνσης είναι **ομόρροπα** προς τα **πάνω** , ενώ στην περίπτωση της επιβραδυνόμενης προς τα **κάτω** κίνησης, τα δύο διανύσματα ταχύτητας και επιτάχυνσης είναι **αντίρροπα**, $\vec{\upsilon}$ προς τα **κάτω** και $\vec{\alpha}$ προς τα **πάνω.**
Και στις δύο περιπτώσεις η επιτάχυνση $\vec{\alpha}$ έχει φορά προς τα **πάνω** , οπότε σύμφωνα με τον δεύτερο νόμο του Newton , η **συνισταμένη** των **δυνάμεων** είναι ομόρροπη της επιτάχυνσης, άρα προς τα **πάνω** , με **μέτρο**: $\Sigma F = m\cdot\alpha = m\cdot\frac{g}{4}$



$\Leftrightarrow$ $\Sigma F = \frac{w}{4}$. Οι δυνάμεις που δέχεται ο αγωγός είδαμε ότι είναι το βάρος **w** προς τα κάτω και η δύναμη Laplace **F**$_L$ προς τα **πάνω** , οι οποίες πρέπει να είναι αντίρροπες μεταξύ τους με **w < F**$_L$ και πρέπει να δίνουν: $\Sigma F = F_L - w$ οπότε $\frac{w}{4} = F_L - w \Leftrightarrow F_L = \frac{5}{4}\cdot w \Leftrightarrow$

$$B\cdot I\cdot \ell = \frac{5}{4}\cdot m\cdot g \Leftrightarrow I = \frac{5}{4}\cdot\frac{m\cdot g}{B\cdot\ell} = \frac{5}{4}\cdot\frac{0,1\cdot 10}{2\cdot 0,2} \Leftrightarrow I = 3,125\ A.$$

4. Στην επιταχυνόμενη προς τα **κάτω** κίνηση και τα δύο διανύσματα ταχύτητας και επιτάχυνσης είναι **ομόρροπα** προς τα **κάτω** , ενώ στην περίπτωση της επιβραδυνόμενης προς τα **πάνω** κίνησης, τα δύο διανύσματα ταχύτητας και επιτάχυνσης είναι **αντίρροπα**, $\vec{\upsilon}$ προς τα πάνω και $\vec{\alpha}$ προς τα **κάτω.**
Και στις δύο περιπτώσεις η επιτάχυνση $\vec{\alpha}$ έχει φορά προς τα **κάτω** , οπότε σύμφωνα με τον δεύτερο νόμο του Newton , η **συνισταμένη** των **δυνάμεων** είναι ομόρροπη της επιτάχυνσης, άρα προς τα **κάτω**, με **μέτρο**: $\Sigma F = m\cdot\alpha = m\cdot\frac{3\cdot g}{2}$



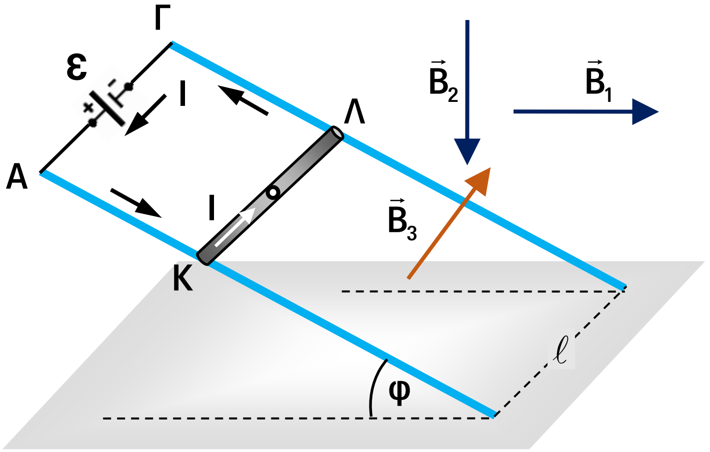
$\Leftrightarrow$ $\Sigma F = \frac{3\cdot w}{2}$. Εφόσον **ΣF > w** , από τις δύο δυνάμεις που δέχεται ο αγωγός είδαμε ότι είναι το βάρος **w** προς τα κάτω άρα και η δύναμη Laplace **F**$_L$ πρέπει να είναι προς τα **κάτω** , δηλαδή ομόρροπες μεταξύ τους με **w > F**$_L$ και πρέπει να δίνουν: $\Sigma F = w + F_L$ οπότε $\frac{3\cdot w}{2} = w + F_L$

$$\Leftrightarrow F_L = \frac{1}{2}\cdot w \Leftrightarrow B\cdot I\cdot\ell = \frac{1}{2}\cdot m\cdot g \Leftrightarrow I = \frac{1}{2}\cdot\frac{m\cdot g}{B\cdot\ell} = \frac{1}{2}\cdot\frac{0,1\cdot 10}{2\cdot 0,2} \Leftrightarrow I = 1,25\ A.$$

Πρέπει να προσέξουμε όμως ότι εφόσον άλλαξε η φορά της δύναμης Laplace , προφανώς αντιστράφηκε στο αγωγό και η φορά της έντασης I του ρεύματος.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 14: Υπολογισμός της έντασης του ρεύματος:

Δύο παράλληλοι μεταλλικοί αγωγοί απέχουν μεταξύ τους απόσταση $\ell = 1$ m και σχηματίζουν με το οριζόντιο επίπεδο γωνία $\varphi = 30^0$. Μεταλλική ράβδος ΚΛ ίδιου μήκους και μάζας $m = 1$ Kg, μπορεί να γλιστρά χωρίς τριβές κατά μήκος των παράλληλων αγωγών. Ομογενές μαγνητικό πεδίο επαγωγής $B = 1$ T, είναι κάθετο στη ράβδο ΚΛ, η οποία ισορροπεί. Να υπολογίσετε την ένταση I του ρεύματος που διαρρέει τη ράβδο ΚΛ, στις ακόλουθες περιπτώσεις:

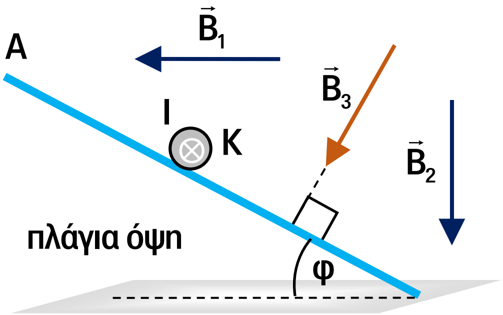


1. Το διάνυσμα της μαγνητικής επαγωγής $\vec{B}_1$, είναι οριζόντιο.

2. Το διάνυσμα της μαγνητικής επαγωγής $\vec{B}_2$, είναι κατακόρυφο.

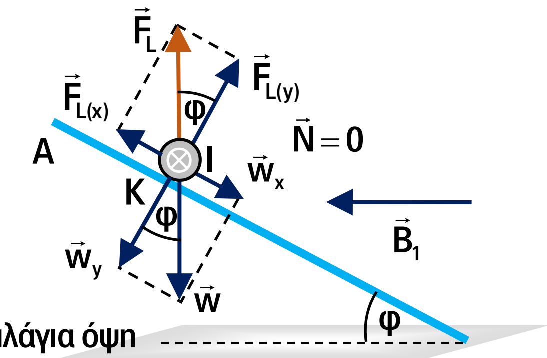
3. Το διάνυσμα της μαγνητικής επαγωγής $\vec{B}_3$, είναι κάθετο στο κεκλιμένο επίπεδο.

Δίνεται η επιτάχυνση της βαρύτητας $g = 10$ m/s^2.



Επίλυση:

1. Ο ρευματοφόρος αγωγός δέχεται τρείς δυνάμεις, το βάρος της w, που αναλύεται στις συνιστώσες w_x και w_y, τη μαγνητική δύναμη Laplace F_L να είναι κατακόρυφη προς τα πάνω, σύμφωνα με τον **κανόνα των τριών δακτύλων** του **δεξιού χεριού** και την κάθετη δύναμη αντίδρασης N από τους μεταλλικούς αγωγούς, με μέτρα: $w_y = m \cdot g \cdot συνφ = 1 \cdot 10 \cdot 0,5 \cdot \sqrt{3}$ $\Leftrightarrow$ $\boxed{w_y = 5 \cdot \sqrt{3}\ \text{N}}$ και $w_x = m \cdot g \cdot ημφ \Leftrightarrow$ $w_x = 1 \cdot 10 \cdot 0,5 \Leftrightarrow \boxed{w_x = 5\ \text{N}}$.



$F_L = B \cdot I \cdot \ell \Leftrightarrow \boxed{I = \dfrac{F_L}{B \cdot \ell}}$.

Για να ισορροπεί η ράβδος, πρέπει η συνισταμένη των δυνάμεων να είναι ίση με μηδέν.

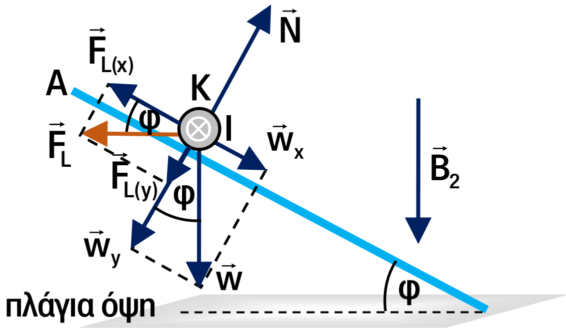
$\boxed{\Sigma \vec{F}_x = 0}$ άρα $F_{L(x)} = w_x \Leftrightarrow F_L \cdot ημφ = m \cdot g \cdot ημφ \Leftrightarrow \boxed{F_L = m \cdot g} = 1 \cdot 10 \Leftrightarrow \boxed{F_L = 10\ \text{N}}$.

Τότε $I = \dfrac{10}{1 \cdot 1} \Leftrightarrow \boxed{I = 10\ \text{A}}$.

Επίσης $\boxed{\Sigma \vec{F}_y = 0} \Leftrightarrow \boxed{F_{L(y)} + N = w_y} \Leftrightarrow F_L \cdot συνφ + N = m \cdot g \cdot συνφ \Leftrightarrow$

$N = m \cdot g \cdot συνφ - F_L \cdot συνφ = (m \cdot g - F_L) \cdot συνφ \Leftrightarrow \boxed{N = 0}$.

2. Ο ρευματοφόρος αγωγός δέχεται τρείς δυνάμεις, το βάρος της w, που αναλύεται στις συνιστώσες w_x και w_y , τη μαγνητική δύναμη Laplace F_L να είναι οριζόντια προς τα αριστερά, σύμφωνα με τον **κανόνα των τριών δακτύλων** του **δεξιού χεριού** και την κάθετη δύναμη αντίδρασης N από τους μεταλλικούς αγωγούς, με μέτρα: $w_y = m\cdot g\cdot συνφ = 1\cdot 10\cdot 0{,}5\cdot\sqrt{3}$ $\Leftrightarrow$ $\boxed{w_y = 5\cdot\sqrt{3}\ N}$ και $w_x = m\cdot g\cdot ημφ \Leftrightarrow$ $w_x = 1\cdot 10\cdot 0{,}5 \Leftrightarrow \boxed{w_x = 5\ N}$.



$F_L = B\cdot I\cdot \ell \Leftrightarrow \boxed{I = \dfrac{F_L}{B\cdot \ell}}$.

Για να ισορροπεί η ράβδος , πρέπει η συνισταμένη των δυνάμεων να είναι ίση με μηδέν.

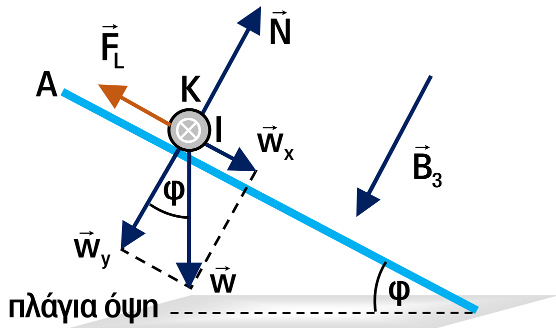
$\boxed{\Sigma\vec{F}_x = 0}$ άρα $F_{L(x)} = w_x \Leftrightarrow F_L\cdot συνφ = m\cdot g\cdot ημφ \Leftrightarrow \boxed{F_L = m\cdot g\cdot\dfrac{ημφ}{συνφ}} = 1\cdot 10\cdot\dfrac{0{,}5}{0{,}5\cdot\sqrt{3}} \Leftrightarrow$

$\boxed{F_L = 10\cdot\dfrac{\sqrt{3}}{3}\ N}$. Τότε $I = \dfrac{10\cdot\sqrt{3}}{1\cdot 1\cdot 3} \Leftrightarrow \boxed{I = 10\cdot\dfrac{\sqrt{3}}{3}\ A}$.

Επίσης $\boxed{\Sigma\vec{F}_y = 0} \Leftrightarrow \boxed{N = w_y + F_{L(y)}} \Leftrightarrow N = m\cdot g\cdot συνφ + F_L\cdot ημφ \Leftrightarrow$

$N = 1\cdot 10\cdot 0{,}5\cdot\sqrt{3} + 10\cdot\dfrac{\sqrt{3}}{3}\cdot 0{,}5 = 5\cdot\sqrt{3} + 5\cdot\dfrac{\sqrt{3}}{3} \Leftrightarrow \boxed{N = 20\cdot\dfrac{\sqrt{3}}{3}\ N}$.

3. Ο ρευματοφόρος αγωγός δέχεται τρείς δυνάμεις, το βάρος της w, που αναλύεται στις συνιστώσες w_x και w_y , τη μαγνητική δύναμη Laplace F_L να είναι στο κεκλιμένο επίπεδο προς τα πάνω, σύμφωνα με τον **κανόνα των τριών δακτύλων** του **δεξιού χεριού** και την κάθετη δύναμη αντίδρασης N από τους μεταλλικούς αγωγούς, με μέτρα: $w_y = m\cdot g\cdot συνφ = 1\cdot 10\cdot 0{,}5\cdot\sqrt{3}$ $\Leftrightarrow$ $\boxed{w_y = 5\cdot\sqrt{3}\ N}$ και $w_x = m\cdot g\cdot ημφ \Leftrightarrow$ $w_x = 1\cdot 10\cdot 0{,}5 \Leftrightarrow \boxed{w_x = 5\ N}$.



$F_L = B\cdot I\cdot \ell \Leftrightarrow \boxed{I = \dfrac{F_L}{B\cdot \ell}}$.

Για να ισορροπεί η ράβδος , πρέπει η συνισταμένη των δυνάμεων να είναι ίση με μηδέν.

$\boxed{\Sigma\vec{F}_x = 0}$ άρα $F_L = w_x \Leftrightarrow F_L = m\cdot g\cdot ημφ \Leftrightarrow \boxed{F_L = 5\ N}$.

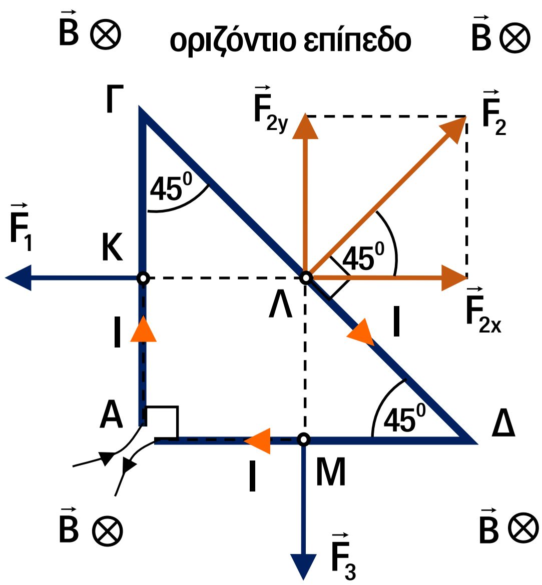
Τότε $I = \dfrac{5}{1\cdot 1} \Leftrightarrow \boxed{I = 5\ A}$.

Επίσης $\boxed{\Sigma\vec{F}_y = 0} \Leftrightarrow \boxed{N = w_y} \Leftrightarrow \boxed{N = 5\cdot\sqrt{3}\ N}$.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 15: Υπολογισμός της μαγνητικής δύναμης:

Μεταλλικό ορθογώνιο τρίγωνο ΑΓΔ πλευράς α , διαρρέεται από ρεύμα έντασης Ι και βρίσκεται τοποθετημένο κάθετα στις μαγνητικές γραμμές ομογενούς μαγνητικού πεδίου επαγωγής Β. Να υπολογιστεί η συνολική δύναμη που ασκείται στο τρίγωνο από το πεδίο. (Άσκηση 31 , σχολικού βιβλίου)

Επίλυση:



Σε κάθε πλευρά του τριγώνου ΑΓΔ που διαρρέεται από ρεύμα και βρίσκεται εντός ομογενούς μαγνητικού πεδίου , ασκείται η μαγνητική δύναμη Laplace F_L , όπως φαίνεται στο διπλανό σχήμα , σύμφωνα με τον **κανόνα των τριών δακτύλων** του **δεξιού χεριού ,** με σημείο εφαρμογής το **μέσο** κάθε πλευράς.

Τα μέτρα των δυνάμεων αυτών βρίσκονται από τη γνωστή σχέση , $F_L = B\cdot I\cdot \ell$, όπου:

ΑΓ: $F_1 = B\cdot I\cdot(ΑΓ) \Leftrightarrow \boxed{F_1 = B\cdot I\cdot α}$,

ΑΔ: $F_3 = B\cdot I\cdot(ΑΔ) \Leftrightarrow \boxed{F_3 = B\cdot I\cdot α}$,

ΓΔ: $F_2 = B\cdot I\cdot(ΓΔ) \Leftrightarrow \boxed{F_2 = B\cdot I\cdot α\cdot\sqrt{2}}$,

αφού σύμφωνα με το Πυθαγόρειο θεώρημα

$(ΓΔ)^2 = (ΑΓ)^2 + (ΑΔ)^2 \Leftrightarrow (ΓΔ) = \sqrt{α^2+α^2} = \sqrt{2\cdot α^2}$

άρα $(ΓΔ) = α\cdot\sqrt{2}$. Επειδή το τρίγωνο είναι ορθογώνιο και ισοσκελές , οι φορείς των δυνάμεων $\vec{F}_1$ και $\vec{F}_3$, περνούν από το μέσο Λ της πλευράς ΓΔ , που είναι αντίστοιχα το σημείο εφαρμογής της δύναμης $\vec{F}_2$. Αυτό σημαίνει ότι η ροπή κάθε δύναμης ως προς το σημείο Λ είναι ίση με μηδέν, οπότε και η συνισταμένη των ροπών των δυνάμεων, είναι ίση με μηδέν , $\boxed{Στ_{(Λ)} = 0}$.

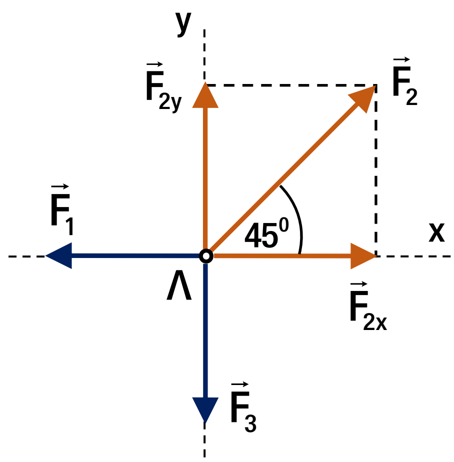
Αυτό σημαίνει ότι το τριγωνικό πλαίσιο δεν περιστρέφεται.

Αν μεταφέρουμε όλες τις δυνάμεις με κοινό σημείο εφαρμογής το Λ, τότε βρίσκουμε τη συνισταμένη τους ως εξής:

Η δύναμη $\vec{F}_2$ αναλύεται σε δύο συνιστώσες $\vec{F}_{2x}$ και $\vec{F}_{2y}$ με μέτρα: $F_{2y} = F_2\cdot ημ45^0 = B\cdot I\cdot α\cdot\sqrt{2}\cdot\frac{\sqrt{2}}{2} \Leftrightarrow$

$\boxed{F_{2y} = B\cdot I\cdot α}$ και $F_{2x} = F_2\cdot συν45^0 = B\cdot I\cdot α\cdot\sqrt{2}\cdot\frac{\sqrt{2}}{2}$

$\Leftrightarrow \boxed{F_{2x} = B\cdot I\cdot α}$.



Βρίσκουμε τη συνισταμένη των δυνάμεων σε κάθε άξονα και έχουμε:

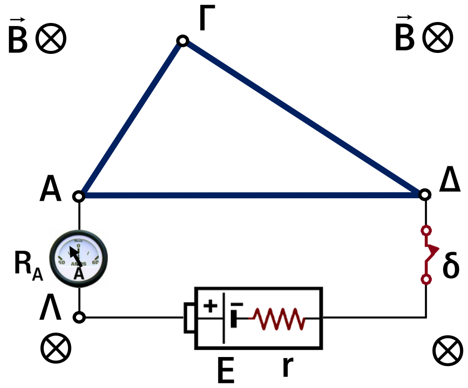
$ΣF_x = F_{2x} - F_1 = B\cdot I\cdot α - B\cdot I\cdot α \Leftrightarrow \boxed{ΣF_x = 0}$ και

$ΣF_y = F_{2y} - F_3 = B\cdot I\cdot α - B\cdot I\cdot α \Leftrightarrow \boxed{ΣF_y = 0}$.

Επομένως $\boxed{ΣF = 0}$, που σημαίνει ότι το **τριγωνικό πλαίσιο δεν μεταφέρεται** , οπότε **ισορροπεί**.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 16: Υπολογισμός της μαγνητικής δύναμης:

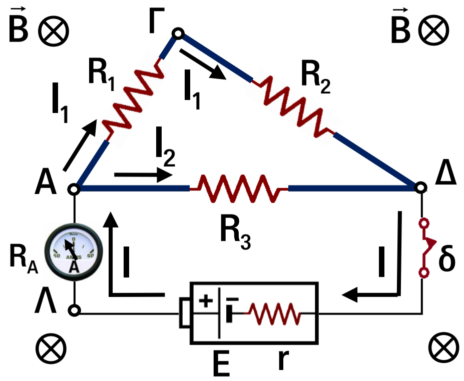
Ένα σύρμα που έχει μήκος $\ell = 2{,}4$ m και αντίσταση R*= 10 Ω/m, κάμπτεται ώστε να σχηματιστεί τρίγωνο ΑΓΔ. Τα σημεία Α και Δ συνδέονται στους πόλους ηλεκτρικής πηγής που έχει ΗΕΔ Ε και εσωτερική αντίστασή $r = 2$ Ω. Το επίπεδο του τριγώνου είναι κάθετο στις δυναμικές γραμμές ομογενούς μαγνητικού πεδίου έντασης μέτρου $B = 1$ T. Το αμπερόμετρο έχει εσωτερική αντίσταση $R_A = 1/6$ Ω και η ένδειξή του είναι $I = 2{,}4$ A. Η δύναμη που δέχεται ο αγωγός ΑΔ μήκους $\ell_3 = 1$ m, από το μαγνητικό πεδίο έχει μέτρο $F_3 = 1{,}4$ N, ενώ για τα μέτρα των δυνάμεων F_1, F_2, που δέχονται οι αγωγοί ΑΓ και ΓΔ ισχύει $F_1 = 0{,}75 \cdot F_2$.



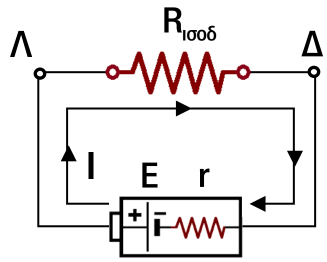
1. **Να υπολογίσετε την ένταση του ρεύματος που διαρρέει κάθε κλάδο του κυκλώματος.**
2. **Να υπολογίσετε τη διαφορά δυναμικού στους πόλους της πηγής και την Η.Ε.Δ. της πηγής.**
3. **Να σχεδιάσετε τις δυνάμεις Laplace στα σύρματα ΑΓ, ΓΔ και ΑΔ και να υπολογίστε τα μέτρα τους.**
4. **Να υπολογίσετε τη συνισταμένη δύναμη που δέχεται το σύρμα από το μαγνητικό πεδίο.**

Επίλυση:

1. Από τη δύναμη που δέχεται ο αγωγός ΑΔ, θα υπολογίσουμε την ένταση του ρεύματος που τον διαρρέει: $F_3 = B \cdot I_2 \cdot (\text{ΑΔ}) \Leftrightarrow I_2 = \dfrac{F_3}{B \cdot (\text{ΑΔ})} = \dfrac{1{,}4}{1 \cdot 1} \Leftrightarrow$ $I_2 = 1{,}4\ \text{A}$. Από τον 1° κανόνα του Kirchhoff στον κόμβο Α ισχύει: $I = I_1 + I_2 \Leftrightarrow I_1 = I - I_2 = 2{,}4 - 1{,}4$ $\Leftrightarrow$ $I_1 = 1\ \text{A}$.



2. Οι δυνάμεις που δέχονται οι αγωγοί ΑΓ και ΓΔ υπακούουν στη σχέση: $F_1 = 0{,}75 \cdot F_2$ οπότε προκύπτει $B \cdot I_1 \cdot (\text{ΑΓ}) = 0{,}75 \cdot B \cdot I_1 \cdot (\text{ΓΔ}) \Leftrightarrow (\text{ΑΓ}) = 0{,}75 \cdot (\text{ΓΔ})$.
Επίσης $(\text{ΑΓ}) + (\text{ΓΔ}) + (\text{ΑΔ}) = \ell \Leftrightarrow 1{,}75 \cdot (\text{ΓΔ}) + 1 = 2{,}4$ $\Leftrightarrow 1{,}75 \cdot (\text{ΓΔ}) = 1{,}4 \Leftrightarrow (\text{ΓΔ}) = 0{,}8\ \text{m}$, οπότε $(\text{ΑΓ}) = 0{,}75 \cdot 0{,}8 \Leftrightarrow (\text{ΑΓ}) = 0{,}6\ \text{m}$.
Κάθε αγωγός παρουσιάζει αντίσταση ίση με: $R_{\text{ΑΓ}} = R_1 = R^* \cdot (\text{ΑΓ}) = 10 \cdot 0{,}6 \Leftrightarrow R_1 = 6\ \Omega$,
$R_{\text{ΓΔ}} = R_2 = R^* \cdot (\text{ΓΔ}) = 10 \cdot 0{,}8 \Leftrightarrow R_2 = 8\ \Omega$ και $R_{\text{ΑΔ}} = R_3 = R^* \cdot (\text{ΑΔ}) = 10 \cdot 1 \Leftrightarrow R_3 = 10\ \Omega$.
Οι αντιστάτες R_1 και R_2 συνδέονται σε σειρά, οπότε δίνουν τον ισοδύναμο αντιστάτη $R_{12} = R_1 + R_2 = 6 + 8 \Leftrightarrow R_{12} = 14\ \Omega$, η οποία είναι παράλληλα συνδεμένη με την R_3 και δίνουν:

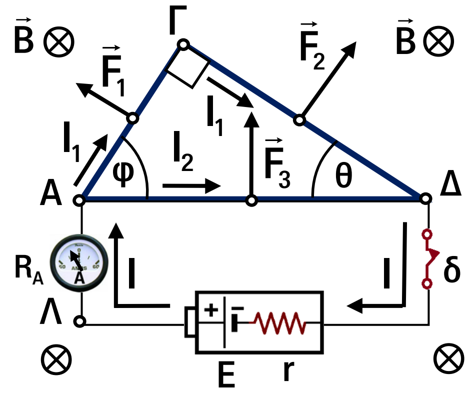


$R_{123} = \dfrac{R_{12} \cdot R_3}{R_{12} + R_3} = \dfrac{14 \cdot 10}{14 + 10}$ άρα $R_{123} = \dfrac{35}{6}\ \Omega$, οπότε η ισοδύναμη αντίσταση είναι $R_{ισοδ} = R_{123} + R_A = \dfrac{35}{6} + \dfrac{1}{6} \Leftrightarrow R_{ισοδ} = 6\ \Omega$.
Η τάση στα άκρα Λ, Δ, πολική τάση της πηγής, είναι: $V_{\text{ΛΔ}} = I \cdot R_{ισοδ} = 2{,}4 \cdot 6 \Leftrightarrow V_{\text{ΛΔ}} = 14{,}4\ \text{V}$.

Η ολική αντίσταση του κυκλώματος είναι $R_{ολ}=R_{ισοδ}+r$ ή $R_{ολ}=6+2 \Leftrightarrow R_{ολ}=8\,\Omega$.

Σύμφωνα με το νόμο του Ohm για το κλειστό κύκλωμα, αυτό διαρρέεται από ρεύμα έντασης:

$$I=\frac{E}{R_{ολ}} \Leftrightarrow E=I\cdot R_{ολ}=2{,}4\cdot 8 \Leftrightarrow E=19{,}2\,V.$$



3. Σε κάθε πλευρά του τριγώνου ΑΓΔ που διαρρέεται από ρεύμα και βρίσκεται εντός ομογενούς μαγνητικού πεδίου, ασκείται η μαγνητική δύναμη Laplace F_L, όπως φαίνεται στο διπλανό σχήμα, σύμφωνα με τον **κανόνα των τριών δακτύλων** του **δεξιού χεριού**, με σημείο εφαρμογής το **μέσο** κάθε πλευράς. Τα μέτρα των δυνάμεων αυτών βρίσκονται από τις σχέσεις:

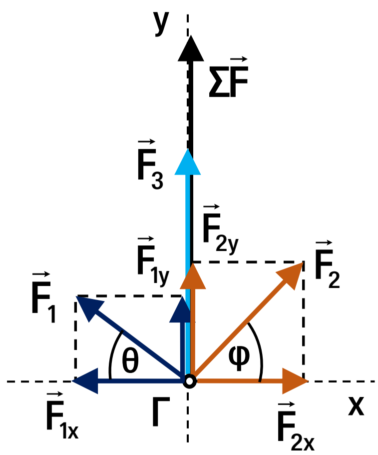
ΑΓ: $F_1=B\cdot I_1\cdot(\text{ΑΓ})=1\cdot 1\cdot 0{,}6 \Leftrightarrow F_1=0{,}6\,N$.

ΓΔ: $F_2=B\cdot I_1\cdot(\text{ΓΔ})=1\cdot 1\cdot 0{,}8 \Leftrightarrow F_2=0{,}8\,N$ και **ΑΔ:** $F_3=B\cdot I_2\cdot(\text{ΑΔ})=1\cdot 1{,}4\cdot 1 \Leftrightarrow F_3=1{,}4\,N$.

4. Από τις τιμές των μηκών των πλευρών ΑΓ, ΓΔ και ΑΔ, γίνεται φανερό ότι επαληθεύουν το Πυθαγόρειο θεώρημα, $(\text{ΑΔ})^2=(\text{ΑΓ})^2+(\text{ΓΔ})^2$ αφού $1^2=0{,}6^2+0{,}8^2$, οπότε το τρίγωνο ΑΓΔ είναι ορθογώνιο, με γωνίες φ, θ όπου: $ημφ=\frac{(\text{ΓΔ})}{(\text{ΑΔ})}=0{,}8$, $συνφ=\frac{(\text{ΑΓ})}{(\text{ΑΔ})}=0{,}6$ και

$ημθ=\frac{(\text{ΑΓ})}{(\text{ΑΔ})}=0{,}6$, $συνθ=\frac{(\text{ΓΔ})}{(\text{ΑΔ})}=0{,}8$.

Μεταφέρουμε τις δυνάμεις με κοινή αρχή την κορυφή Γ και αναλύουμε τις δυνάμεις $\vec{F}_1$ και $\vec{F}_2$ σε συνιστώσες:



$F_{1x}=F_1\cdot συνθ=0{,}6\cdot 0{,}8 \Leftrightarrow F_{1x}=0{,}48\,N$.

$F_{1y}=F_1\cdot ημθ=0{,}6\cdot 0{,}6 \Leftrightarrow F_{1y}=0{,}36\,N$.

$F_{2x}=F_2\cdot συνφ=0{,}8\cdot 0{,}6 \Leftrightarrow F_{2x}=0{,}48\,N$.

$F_{2y}=F_2\cdot ημφ=0{,}8\cdot 0{,}8 \Leftrightarrow F_{2y}=0{,}64\,N$.

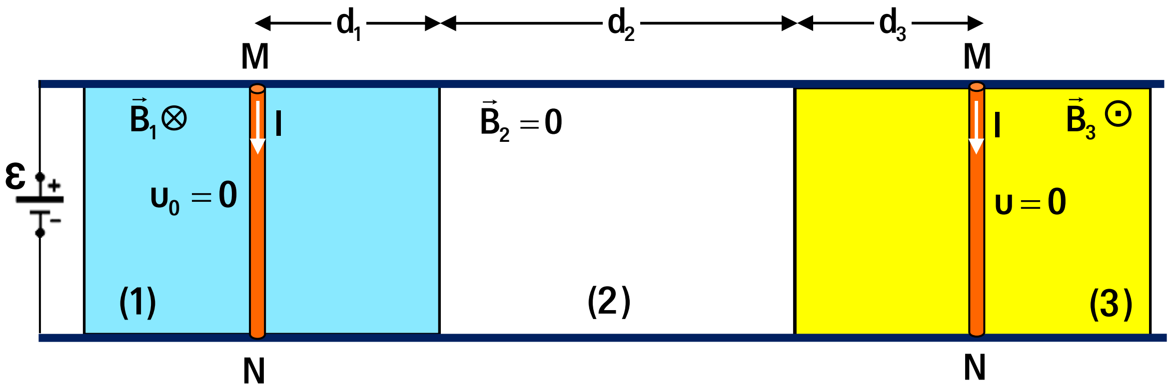
Βρίσκουμε τη συνισταμένη των δυνάμεων σε κάθε άξονα και έχουμε:

$\Sigma F_x=F_{2x}-F_{1x}=0{,}48-0{,}48 \Leftrightarrow \Sigma F_x=0$ και

$\Sigma F_y=F_{1y}+F_{2y}+F_3=0{,}36+0{,}64+1{,}4 \Leftrightarrow \Sigma F_y=2{,}4\,N$, οπότε και $\Sigma F=2{,}4\,N$, με προφανή κατεύθυνση προς τα πάνω, κάθετα στην πλευρά (ΑΔ).

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 17: Υπολογισμός της μαγνητικής δύναμης:

Στην εικόνα του σχήματος η ράβδος ΜΝ έχει μήκος $\ell = 1$ m , μάζα $m = 50$ g και μπορεί να κινείται χωρίς τριβές πάνω στις οριζόντιες παράλληλες μονωτικές ράβδους ΑΓ και ΔΖ. Στην περιοχή (1) με $d_1 = 12$ cm , υπάρχει ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης $B_1 = 6 \cdot 10^{-2}$ T, στην περιοχή (2) μήκους $d_2 = 24$ cm δεν υπάρχει μαγνητικό πεδίο, στη περιοχή (3) υπάρχει ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης $B_3 = 6 \cdot 10^{-2}$ T και στη ράβδο που αρχικά ηρεμεί διαβιβάσουμε ρεύμα έντασης 5 A. Να υπολογίσετε τα ακόλουθα:



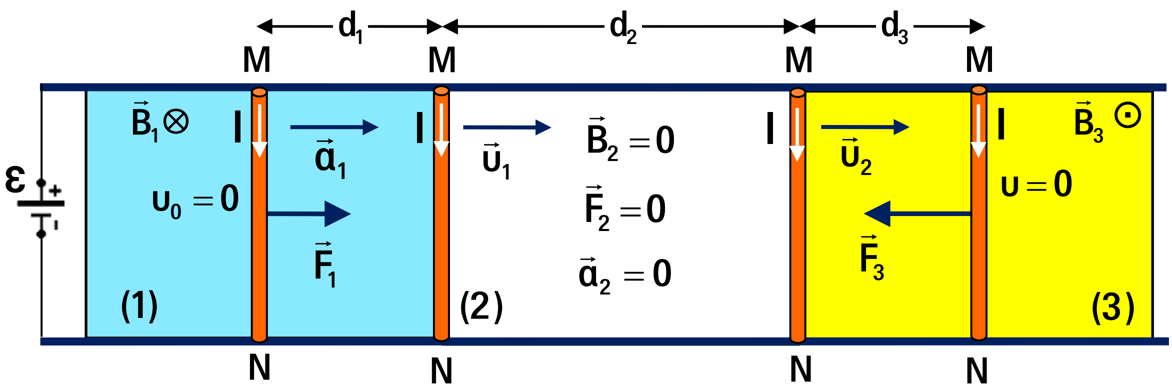
1. Να περιγράψετε το είδος της κίνησης στις περιοχές (1) , (2) , (3).
2. Την ταχύτητα της ράβδου τη στιγμή που βγαίνει από την περιοχή (1).
3. Το διάστημα και ο χρόνος κίνησης της ράβδου μέχρι να σταματήσει στην περιοχή (3). Να εξετάσετε αν η ράβδος επανέρχεται στην αρχική της θέση.
4. Τη μέση ταχύτητα στη διάρκεια της κίνησης.

Επίλυση:

1. Η ράβδος στην περιοχή (1) δέχεται μαγνητική δύναμη Laplace , μέτρου $F_1 = B_1 \cdot I \cdot (MN) = B_1 \cdot I \cdot \ell$ ή $F_1 = 6 \cdot 10^{-2} \cdot 5 \cdot 1 \Leftrightarrow F_1 = 3 \cdot 10^{-1}$ N και φορά προς τα δεξιά σύμφωνα με τον **κανόνα των τριών δακτύλων** του **δεξιού χεριού** , ενώ αποκτά **επιτάχυνση** σύμφωνα με τον δεύτερο νόμο του Newton επίσης προς τα δεξιά μέτρου: $\Sigma F = m \cdot a \Leftrightarrow F_1 = m \cdot a_1 \Leftrightarrow a_1 = \dfrac{F_1}{m} = \dfrac{3 \cdot 10^{-1}}{50 \cdot 10^{-3}}$

άρα $a_1 = 6\ m/s^2$. Η κίνηση που εκτελεί η ράβδος είναι ευθύγραμμη **ομαλά επιταχυνόμενη** χωρίς αρχική ταχύτητα και ισχύουν οι εξισώσεις κίνησης της μορφής:

$\vec{a}_1 = σταθ.$, $υ = |a_1| \cdot \Delta t$ και $\Delta x = \dfrac{1}{2} \cdot |a_1| \cdot \Delta t^2$.



Η ράβδος στην περιοχή (2) δεν δέχεται μαγνητική δύναμη Laplace , αφού $B_2 = 0$, οπότε δεν έχει **επιτάχυνση** $\alpha_1 = 0\ m/s^2$, σύμφωνα με τον δεύτερο νόμο του Newton αφού $\Sigma F = 0$.
Η κίνηση που εκτελεί η ράβδος είναι ευθύγραμμη **ομαλή** με σταθερή ταχύτητα ίση με αυτή που απέκτησε στο τέλος της πρώτης κίνησης , ενώ ισχύουν οι εξισώσεις κίνησης της μορφής:
$\vec{\upsilon} = \sigma\tau\alpha\theta.$, $\vec{\alpha}_2 = 0$ και $\Delta x = \upsilon_1 \cdot \Delta t$.

Η ράβδος στην περιοχή (3) δέχεται μαγνητική δύναμη Laplace , μέτρου $F_3 = B_3 \cdot I \cdot (MN) = B_3 \cdot I \cdot \ell$ ή $F_3 = 6 \cdot 10^{-2} \cdot 5 \cdot 1 \Leftrightarrow F_3 = 3 \cdot 10^{-1}\ N$ και φορά προς τα αριστερά σύμφωνα με τον **κανόνα των τριών δακτύλων** του **δεξιού χεριού** , ενώ αποκτά **επιτάχυνση** σύμφωνα με τον δεύτερο νόμο του Newton επίσης προς τα αριστερά : $\Sigma F = m \cdot \alpha \Leftrightarrow F_3 = m \cdot \alpha_3 \Leftrightarrow \alpha_3 = \dfrac{F_3}{m} = \dfrac{-3 \cdot 10^{-1}}{50 \cdot 10^{-3}}$ άρα $\alpha_3 = -6\ m/s^2$. Η κίνηση που εκτελεί η ράβδος είναι ευθύγραμμη **ομαλά επιβραδυνόμενη** με αρχική ταχύτητα ίση με αυτή που απέκτησε στο τέλος της δεύτερης κίνησης , ενώ ισχύουν οι εξισώσεις κίνησης της μορφής: $\vec{\alpha}_3 = \sigma\tau\alpha\theta.$, $\upsilon = \upsilon_2 - |\alpha_3| \cdot \Delta t$, $\Delta x = \upsilon_2 \cdot \Delta t - \dfrac{1}{2} \cdot |\alpha_3| \cdot \Delta t^2$.

2. Από τις εξισώσεις της πρώτης κίνησης έχουμε: $d_1 = \dfrac{1}{2} \cdot |\alpha_1| \cdot \Delta t_1^2 \Leftrightarrow \Delta t_1 = \sqrt{\dfrac{2 \cdot d_1}{|\alpha_1|}} = \sqrt{\dfrac{2 \cdot 12 \cdot 10^{-2}}{6}}$

άρα $\Delta t_1 = 0{,}2\ s$. Οπότε $\upsilon_1 = |\alpha_1| \Delta t_1 = 6 \cdot 0{,}2 \Leftrightarrow \upsilon_1 = 1{,}2\ m/s$.
Στην περιοχή (2) η ταχύτητα είναι σταθερή, οπότε ο αγωγός βγαίνει από αυτή με την ίδια ταχύτητα $\upsilon_2 = 1{,}2\ m/s$, σε χρονική διάρκεια : $d_2 = \upsilon_1 \cdot \Delta t_2 \Leftrightarrow \Delta t_1 = \dfrac{d_2}{\upsilon_1} = \dfrac{24 \cdot 10^{-2}}{1{,}2}$ άρα $\Delta t_2 = 0{,}2\ s$.

3. Στην περιοχή (3) είδαμε ότι η κίνηση είναι ευθύγραμμη **ομαλά επιβραδυνόμενη** για χρονική διάρκεια Δt_3 μέχρι τελικά να σταματήσει $\upsilon = 0$, $0 = 1{,}2 - 6 \cdot \Delta t_3 \Leftrightarrow \Delta t_3 = \dfrac{1{,}2}{6}$ άρα $\Delta t_3 = 0{,}2\ s$.
Το διάστημα που διανύει είναι $d_3 = \upsilon_2 \cdot \Delta t_3 - \dfrac{1}{2} \cdot |\alpha_3| \cdot \Delta t_3^2 = 1{,}2 \cdot 0{,}2 - \dfrac{1}{2} \cdot 6 \cdot 0{,}2^2 \Leftrightarrow d_3 = 0{,}12\ m$.
Το συνολικό διάστημα που διανύεται είναι: $S_{o\lambda} = d_1 = d_2 = d_3 = 0{,}12 + 0{,}24 + 0{,}12$
$\Leftrightarrow S_{o\lambda} = 0{,}48\ m$.
Η συνολική χρονική διάρκεια της κίνησης είναι: $\Delta t_{o\lambda} = \Delta t_1 = \Delta t_2 = \Delta t_3 = 0{,}2 + 0{,}2 + 0{,}2$
$\Leftrightarrow \Delta t_{o\lambda} = 0{,}6\ s$.

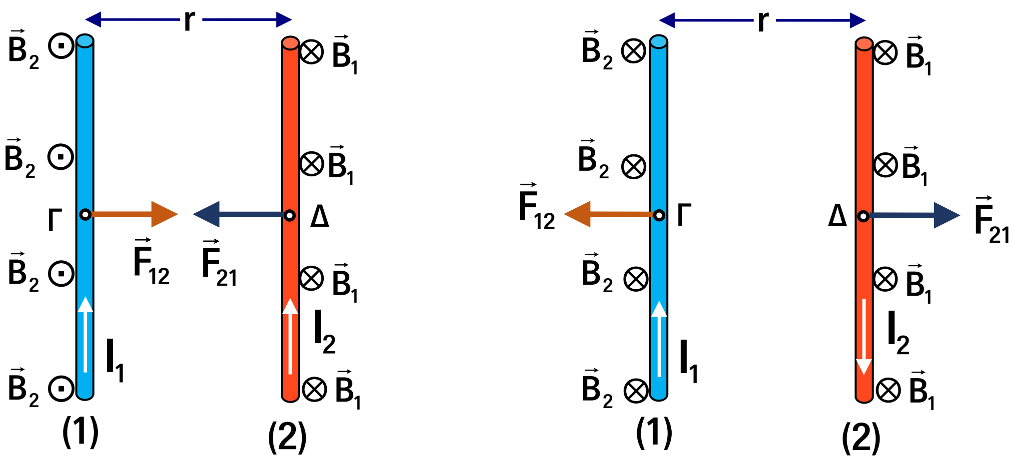
Τη χρονική στιγμή που σταματά η ράβδος , συνεχίζει να ασκείται η δύναμη Laplace , μέτρου $F_3 = 3 \cdot 10^{-1}\ N$, οπότε η ράβδος θα ξεκινήσει να κινείται προς τα αριστερά , εκτελώντας ομαλά **επιταχυνόμενη** κίνηση , στη συνέχεια στην περιοχή (2) θα κινηθεί ευθύγραμμα και ομαλά με σταθερή ταχύτητα και τέλος στην περιοχή (1), θα επιβραδύνεται ομαλά μέχρι να σταματήσει και πάλι στιγμιαία , παρακολουθώντας την αντίθετη ακριβώς κίνηση.

4. Η μέση αριθμητική ταχύτητα στη διάρκεια της κίνησης είναι: $\upsilon_\mu = \dfrac{S_{o\lambda}}{\Delta t_{o\lambda}} = \dfrac{0{,}48}{0{,}6} \Leftrightarrow$

$\upsilon_\mu = 0{,}8\ m/s$.

6 ΔΥΝΑΜΗ ΜΕΤΑΞΥ ΔΥΟ ΠΑΡΑΛΛΗΛΩΝ ΡΕΥΜΑΤΟΦΟΡΩΝ ΑΓΩΓΩΝ

Είναι γνωστό ότι κάθε ρευματοφόρος αγωγός δημιουργεί γύρω του μαγνητικό πεδίο, το οποίο ασκεί δύναμη σε κάθε άλλο αγωγό που βρίσκεται μέσα στο πεδίο του.
Αυτό μπορεί να επιβεβαιωθεί πειραματικά από την έλξη ή την άπωση που εκδηλώνεται μεταξύ δύο ρευματοφόρων αγωγών που τοποθετούνται σε κάποια απόσταση παράλληλα μεταξύ τους.
Θεωρούμε δύο ευθύγραμμους παράλληλους ρευματοφόρους αγωγούς (1) και (2) που βρίσκονται σε απόσταση r μεταξύ τους. Ο αγωγός (2) βρίσκεται μέσα στο μαγνητικό πεδίο που δημιουργεί ο αγωγός (1) και το αντίστροφο.



(Ομόρροπα ρεύματα)
(Ελκτικές δυνάμεις)

(Αντίρροπα ρεύματα)
(Απωστικές δυνάμεις)

Κατά μήκος του αγωγού (2) υπάρχει μαγνητικό πεδίο σταθερής επαγωγής $B_1 = k_\mu \cdot \frac{2 \cdot I_1}{r}$, εξαιτίας του αγωγού (1), οπότε σύμφωνα με το νόμο του Laplace σε μήκος ℓ του αγωγού (2) θα ασκηθεί δύναμη μέτρου: $F_{21} = B_1 \cdot I_2 \cdot \ell \Leftrightarrow F_{21} = k_\mu \cdot \frac{2 \cdot I_1 \cdot I_2}{r} \cdot \ell$, σημείο εφαρμογής το μέσο του αγωγού (2) και φορά που καθορίζεται από **κανόνα των τριών δακτύλων** του **δεξιού χεριού.**
Δηλαδή ο αγωγός (1) εξαιτίας του μαγνητικού του πεδίου, ασκεί στον αγωγό (2) τη δύναμη $\vec{F}_{21}$.
Σύμφωνα όμως, με τον **3^{ο} νόμο του Newton**, **δράσης – αντίδρασης** και ο αγωγός (2), μέσω του πεδίου του, ασκεί στον αγωγό (1) μία ίσου μέτρου και αντίθετης φοράς δύναμη $\vec{F}_{12}$, σύμφωνα με τη σχέση: $F_{12} = B_2 \cdot I_1 \cdot \ell \Leftrightarrow F_{12} = k_\mu \cdot \frac{2 \cdot I_2 \cdot I_1}{r} \cdot \ell$, δηλαδή $\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$.

* Μπορούμε να πούμε ότι, όταν δύο παράλληλοι ρευματοφόροι αγωγοί διαρρέονται από **ομόρροπα ρεύματα**, **έλκονται**, ενώ όταν διαρρέονται από **αντίρροπα ρεύματα**, **απωθούνται**.

Παρατήρηση:
Οι δυνάμεις Laplace μεταξύ δύο ρευματοφόρων αγωγών διαφορετικού μήκους, που δεν βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο (ασύμβατοι αγωγοί), δεν έχουν τον ίδιο φορέα ούτε το ίδιο μέτρο, με αποτέλεσμα να μην ισχύει ο **3^{ος} νόμος του Newton**, **δράσης – αντίδρασης.**

Ορισμός θεμελιώδους μονάδας Ampere στο διεθνές σύστημα S.I.

Με τη βοήθεια της δύναμης μεταξύ παράλληλων ρευματοφόρων αγωγών μπορούμε να ορίσουμε τη μονάδα της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος.

Το μέτρο της δύναμης είναι: $F = k_\mu \cdot \dfrac{2 \cdot I_2 \cdot I_1}{r} \cdot \ell$

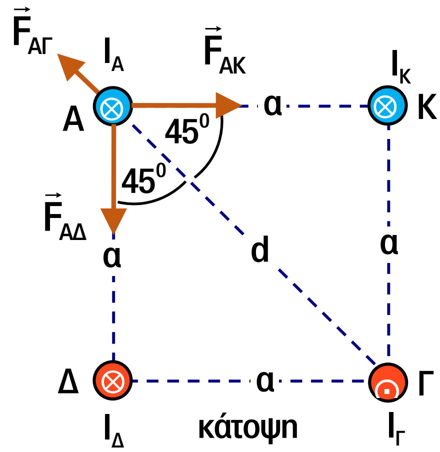
Αν στην τελευταία εξίσωση βάλουμε: $I_1 = I_2 = 1A$, $\ell = 1$ m , $r = 1$ m βρίσκουμε $F = 2 \cdot 10^{-7}$ N. Τότε για τη μονάδα της έντασης του ρεύματος προκύπτει ο εξής **ορισμός**:

1A είναι η ένταση του σταθερού ρεύματος που όταν διαρρέει δύο ευθύγραμμους και παράλληλους αγωγούς απείρου μήκους, οι οποίοι βρίσκονται στο κενό και σε απόσταση $r = 1$ m ο ένας από τον άλλο, τότε σε τμήμα μήκους $\ell = 1$ m ο ένας ασκεί στον άλλο δύναμη $F = 2 \cdot 10^{-7}$ N.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 18: Υπολογισμός της μαγνητικής δύναμης:

Στο παρακάτω σχήμα βλέπουμε την τομή τεσσάρων ευθύγραμμων αγωγών μεγάλου μήκους, που είναι τοποθετημένοι παράλληλα μεταξύ τους, στις κορυφές ενός τετραγώνου πλευράς α = 10 cm και διαρρέονται από ρεύματα με εντάσεις $I_A = 10$ A, $I_K = 20$ A, $I_\Gamma = 10$ A, $I_\Delta = 20$ A. Να υπολογιστεί η δύναμη ανά μέτρο μήκους $\ell = 1$ m που δέχεται ο αγωγός Α, από τους υπόλοιπους αγωγούς. (Άσκηση 41, σχολικού βιβλίου)

Επίλυση:



Μεταξύ των αγωγών Α, Κ που τα ρεύματα είναι ομόρροπα, οι δυνάμεις είναι ελκτικές με μέτρο: $F_{AK} = k_\mu \cdot \dfrac{2 \cdot I_A \cdot I_K}{\alpha} \cdot \ell$

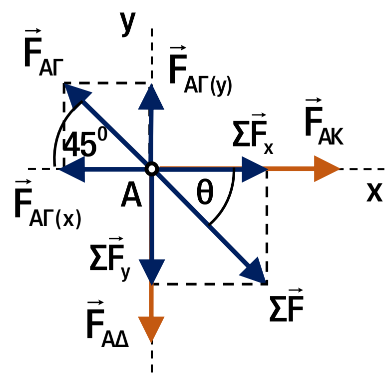
$\Leftrightarrow \ F_{AK} = 10^{-7} \cdot \dfrac{2 \cdot 10 \cdot 20}{10^{-1}} \cdot 1 \ \Leftrightarrow \ F_{AK} = 4 \cdot 10^{-4}$ N.

Μεταξύ των αγωγών Α, Δ που τα ρεύματα είναι ομόρροπα, οι δυνάμεις είναι ελκτικές με μέτρο: $F_{A\Delta} = k_\mu \cdot \dfrac{2 \cdot I_A \cdot I_\Delta}{\alpha} \cdot \ell$

$\Leftrightarrow \ F_{A\Delta} = 10^{-7} \cdot \dfrac{2 \cdot 10 \cdot 20}{10^{-1}} \cdot 1 \ \Leftrightarrow \ F_{A\Delta} = 4 \cdot 10^{-4}$ N.

Μεταξύ των αγωγών Α, Γ που απέχουν απόσταση σύμφωνα με το Πυθαγόρειο θεώρημα $d^2 = \alpha^2 + \alpha^2 \ \Leftrightarrow \ d = \sqrt{\alpha^2 + \alpha^2} = \sqrt{2 \cdot \alpha^2}$ άρα $d = \alpha \cdot \sqrt{2}$, τα ρεύματα είναι αντίρροπα, οπότε οι δυνάμεις είναι απωστικές με μέτρο: $F_{A\Gamma} = k_\mu \cdot \dfrac{2 \cdot I_A \cdot I_\Gamma}{d} \cdot \ell$

$\Leftrightarrow \ F_{A\Gamma} = 10^{-7} \cdot \dfrac{2 \cdot 10 \cdot 10}{\sqrt{2} \cdot 10^{-1}} \cdot 1 \ \Leftrightarrow \ F_{A\Gamma} = \sqrt{2} \cdot 10^{-4}$ N.



Αναλύουμε την $\vec F_{A\Gamma}$ σε δύο συνιστώσες $\vec F_{A\Gamma(x)}$ και $\vec F_{A\Gamma(y)}$

όπου: $F_{A\Gamma(y)} = F_{A\Gamma} \cdot \eta\mu 45^0 = \sqrt{2} \cdot 10^{-4} \cdot \dfrac{\sqrt{2}}{2} \ \Leftrightarrow$

$F_{A\Gamma(y)} = 1 \cdot 10^{-4}$ N.

Αντίστοιχα $F_{ΑΓ(x)} = F_{ΑΓ} \cdot συν45^0 = \sqrt{2} \cdot 10^{-4} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \Leftrightarrow \boxed{F_{ΑΓ(x)} = 1 \cdot 10^{-4}\ N}$.

Βρίσκουμε τη συνισταμένη των δυνάμεων σε κάθε άξονα και έχουμε:

$\Sigma F_x = F_{ΑΚ} - F_{ΑΓ(x)} = 4 \cdot 10^{-4} - 1 \cdot 10^{-4} \Leftrightarrow \boxed{\Sigma F_x = 3 \cdot 10^{-4}\ N}$ και

$\Sigma F_y = F_{ΑΔ} - F_{ΑΓ(y)} = 4 \cdot 10^{-4} - 1 \cdot 10^{-4} \Leftrightarrow \boxed{\Sigma F_y = 3 \cdot 10^{-4}\ N}$.

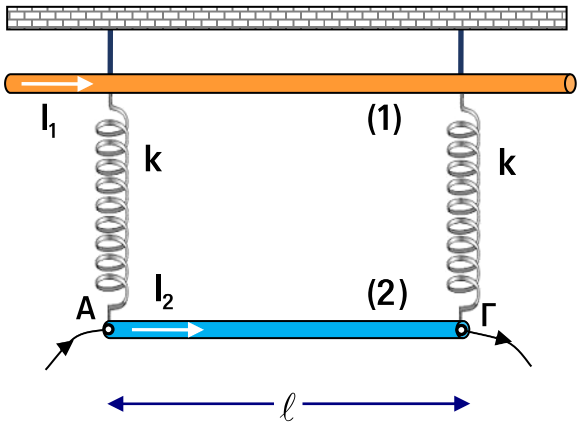
Το μέτρο της συνισταμένης των δυνάμεων από το πυθαγόρειο θεώρημα είναι:

$$\Sigma F = \sqrt{\Sigma F_x^2 + \Sigma F_y^2} \Leftrightarrow \Sigma F = \sqrt{(3 \cdot 10^{-4})^2 + (3 \cdot 10^{-4})^2} = \sqrt{2 \cdot (3 \cdot 10^{-4})^2} \Leftrightarrow$$

$\boxed{\Sigma F = 3 \cdot \sqrt{2} \cdot 10^{-4}\ N}$ και κατεύθυνση όπου: $εφθ = \frac{\Sigma F_y}{\Sigma F_x} = 1$ άρα $\boxed{θ = 45^0}$.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 19: Υπολογισμός της μαγνητικής δύναμης:

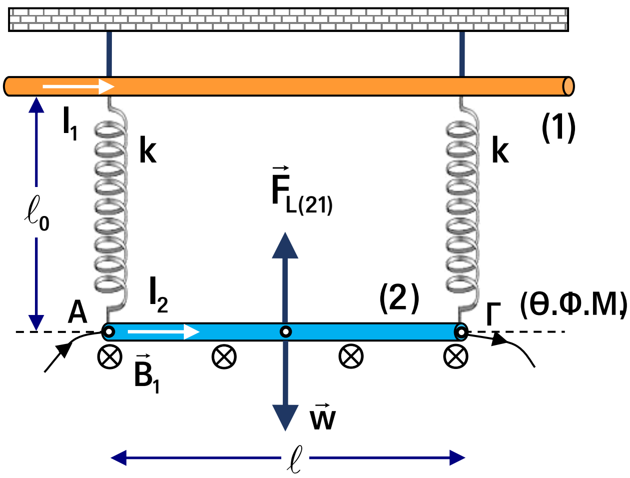
Μία ακλόνητη οριζόντια μεταλλική ράβδος (1) έχει μεγάλο μήκος και διαρρέεται από ρεύμα έντασης $I_1 = 40$ A. Από τη ράβδο μέσω δύο μονωμένων ελατηρίων κρέμεται μία άλλη ράβδος (2) ΑΓ μήκους $\ell = 2$ m. Όταν η ράβδος ΑΓ διαρρέεται από ρεύμα $I_2 = 50$ A της ίδιας φοράς με το ρεύμα της ράβδου (1), τα ελατήρια έχουν το φυσικό τους μήκος $\ell_0 = 4$ cm. Όταν αντιστραφεί η φορά του ρεύματος σε μία από τις δύο ράβδους τα ελατήρια επιμηκύνονται και το σύστημα ισορροπεί όταν η απόσταση μεταξύ των ράβδων γίνει $d = 5$ cm. Να υπολογίσετε:



1. τη μάζα της δεύτερης ράβδου.
2. τη σταθερά k των δύο ελατηρίων.
3. τη φορά και την τιμή της έντασης του ρεύματος που πρέπει να διαρρέει τον αγωγό (1), ώστε τα ελατήρια να συσπειρωθούν κατά 1 cm. (Άσκηση 40 , σχολικού βιβλίου)

Επίλυση:

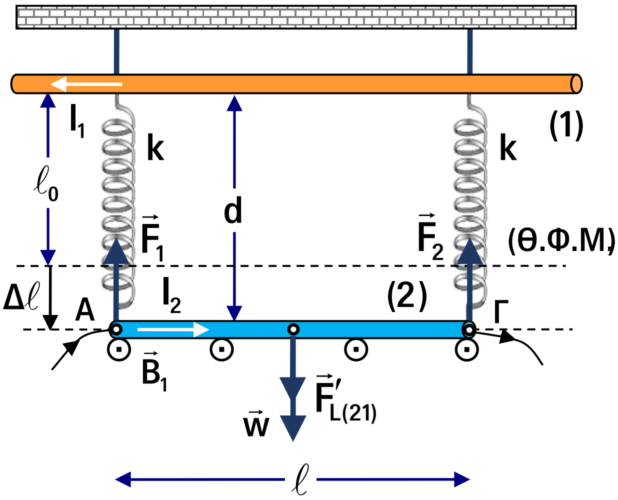
1. Στην περίπτωση που τα ελατήρια έχουν το φυσικό τους μήκος ℓ_0, δεν ασκούν δυνάμεις στη ράβδο (2), η οποία δέχεται μόνο το βάρος της και μαγνητική δύναμη αλληλεπίδρασης των δύο αγωγών οι οποίοι έλκονται εφόσον τα ρεύματα είναι ομόρροπα.
Για να ισορροπεί η ράβδος (2), θα πρέπει η συνισταμένη δύναμη να είναι ίση με μηδέν.



$\boxed{\Sigma \vec{F} = 0}$ άρα $F_{L(21)} = w_2 \Leftrightarrow$

$$k_μ \cdot \frac{2 \cdot I_1 \cdot I_2}{\ell_0} \cdot \ell = m \cdot g \Leftrightarrow m = k_μ \cdot \frac{2 \cdot I_1 \cdot I_2}{\ell_0 \cdot g} \cdot \ell = 10^{-7} \cdot \frac{2 \cdot 40 \cdot 50}{4 \cdot 10^{-2} \cdot 10} \cdot 2 \Leftrightarrow \boxed{m = 2 \cdot 10^{-3}\ Kg}.$$

2. Στην περίπτωση που τα ελατήρια επιμηκυνθούν κατά $\Delta\ell = d - \ell_0$, $\Delta\ell = 1\ \text{cm}$ ασκούν δυνάμεις στη ράβδο (2) με φορά προς τα πάνω, προς τη Θ.Φ.Μ. , η οποία δέχεται επιπλέον το βάρος της και μαγνητική δύναμη αλληλεπίδρασης των δύο αγωγών οι οποίοι απωθούνται αφού τα ρεύματα είναι αντίρροπα.
Για να ισορροπεί η ράβδος (2) , θα πρέπει η συνισταμένη δύναμη να είναι ίση με μηδέν.



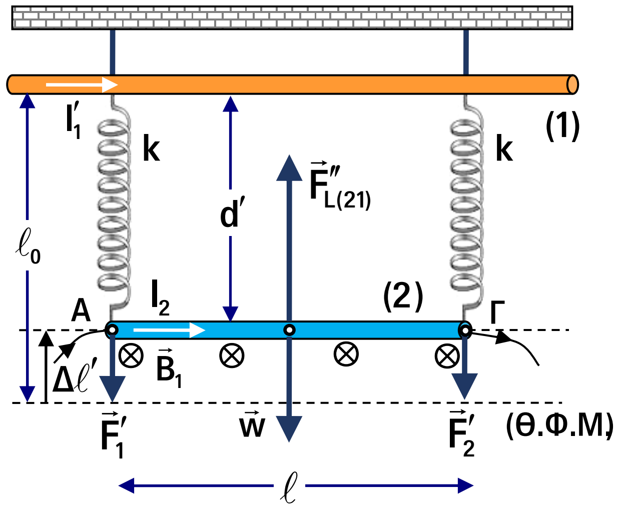
$\boxed{\Sigma\vec{F} = 0} \Leftrightarrow F_1 + F_2 = F'_{L(21)} + w_2 \Leftrightarrow$

$$k\cdot\Delta\ell + k\cdot\Delta\ell = k_\mu\cdot\frac{2\cdot I_1\cdot I_2}{d}\cdot\ell + m\cdot g \Leftrightarrow 2\cdot k\cdot\Delta\ell = k_\mu\cdot\frac{2\cdot I_1\cdot I_2}{d}\cdot\ell + m\cdot g \Leftrightarrow$$

$$2\cdot k\cdot 10^{-2} = 10^{-7}\cdot\frac{2\cdot 40\cdot 50}{5\cdot 10^{-2}}\cdot 2 + 2\cdot 10^{-3}\cdot 10 \Leftrightarrow k\cdot 10^{-2} = 10^{-7}\cdot\frac{2\cdot 40\cdot 50}{5\cdot 10^{-2}} + 10^{-2} \Leftrightarrow$$

$$k\cdot 10^{-2} = 8\cdot 10^{-3} + 10^{-2} \Leftrightarrow k\cdot 10^{-2} = 18\cdot 10^{-3} \Leftrightarrow \boxed{k = 1{,}8\ \text{N/m}}.$$

3. Στην περίπτωση που τα ελατήρια συσπειρωθούν κατά $\Delta\ell' = \ell_0 - d'$, $1 = 4 - d'$ ή $d' = 3\ \text{cm}$ ασκούν δυνάμεις στη ράβδο (2) με φορά προς τα κάτω, προς τη Θ.Φ.Μ. , η οποία δέχεται επιπλέον το βάρος της και μαγνητική δύναμη αλληλεπίδρασης των δύο αγωγών οι οποίοι πρέπει να έλκονται, τα ρεύματα πρέπει να είναι ομόρροπα, ώστε να εξουδετερώνονται οι άλλες τρεις δυνάμεις.
Για να ισορροπεί η ράβδος (2) , θα πρέπει η συνισταμένη δύναμη να είναι ίση με μηδέν.



$\boxed{\Sigma\vec{F} = 0} \Leftrightarrow F''_{L(21)} = w_2 + F'_1 + F'_2 \Leftrightarrow$

$$k_\mu\cdot\frac{2\cdot I'_1\cdot I_2}{d'}\cdot\ell = m\cdot g + k\cdot\Delta\ell' + k\cdot\Delta\ell' \Leftrightarrow k_\mu\cdot\frac{2\cdot I'_1\cdot I_2}{d'}\cdot\ell = m\cdot g + 2\cdot k\cdot\Delta\ell' \Leftrightarrow$$

$$10^{-7}\cdot\frac{2\cdot I'_1\cdot 50}{3\cdot 10^{-2}}\cdot 2 = 2\cdot 10^{-3}\cdot 10 + 2\cdot 1{,}8\cdot 10^{-2} \Leftrightarrow 10^{-7}\cdot\frac{2\cdot I'_1\cdot 50}{3\cdot 10^{-2}} = 10^{-2} + 1{,}8\cdot 10^{-2}$$

$$10^{-3}\cdot\frac{I'_1}{3} = 2{,}8\cdot 10^{-2} \Leftrightarrow \boxed{I'_1 = 84\ \text{A}}.$$

1. Ερωτήσεις - Ασκήσεις στο μαγνητικό πεδίο

Α Θέμα

Στις ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής που ακολουθούν να σημειώσετε τη σωστή απάντηση.

1.Α.1 Να σημειώσετε ποιες από τις ακόλουθες προτάσεις είναι **Σ**ωστές και ποιες **Λ**ανθασμένες.
Α. Οι ομώνυμοι πόλοι των μαγνητών απωθούνται.
Β. Οι μαγνητικοί πόλοι εμφανίζονται πάντα σε ζευγάρια.
Γ. Οι μαγνητικές δυναμικές γραμμές είναι ανοικτές.
Δ. Οι μαγνητικές γραμμές στον χώρο έξω από τον μαγνήτη εξέρχονται από τον βόρειο πόλο Ν και εισέρχονται στον νότιο πόλο S.
Ε. Η διεύθυνση του μαγνητικού πεδίου σε κάποιο σημείο του είναι η διεύθυνση του άξονα της μαγνητικής βελόνας , όταν αυτή είναι ελεύθερη να κινηθεί.

1.Α.2 Να σημειώσετε ποιες από τις ακόλουθες προτάσεις είναι **Σ**ωστές και ποιες **Λ**ανθασμένες.
Α. Η μαγνητική επαγωγή Β του πεδίου είναι διανυσματικό μέγεθος και μετριέται σε Tesla.
Β. Η μαγνητική επαγωγή Β του πεδίου είναι μονόμετρο μέγεθος και μετριέται σε Tesla.
Γ. Το μαγνητικό φάσμα εκφράζει το πλήθος των μαγνητικών γραμμών του μαγνητικού πεδίου.
Δ. Το μαγνητικό πεδίο δημιουργείται από ηλεκτρικά ρεύματα (κινούμενα φορτία).
Ε. Το μαγνητικό πεδίο έχει τις ίδιες ιδιότητες με το ηλεκτρικό πεδίο.

1.Α.3 Να σημειώσετε ποιες από τις ακόλουθες προτάσεις είναι **Σ**ωστές και ποιες **Λ**ανθασμένες.
Α. Στο ομογενές μαγνητικό πεδίο οι μαγνητικές γραμμές είναι ευθείες παράλληλες και ισαπέχουσες, όπως και στο ομογενές ηλεκτρικό πεδίο.
Β. Οι δυναμικές γραμμές του ηλεκτρικού πεδίου όπως και οι μαγνητικές γραμμές του μαγνητικού πεδίου, είναι κλειστές.
Γ. Οι μαγνητικές γραμμές είναι δυνατόν και να τέμνονται.
Δ. Η μαγνητική επαγωγή Β του μαγνητικού πεδίου ενός ευθύγραμμου αγωγού σε ένα σημείο του πεδίου , είναι κάθετη στο επίπεδο που ορίζεται από τον αγωγό και το σημείο.
Ε. Κάθε ρευματοφόρος αγωγός ανεξαρτήτου σχήματος δημιουργεί μαγνητικό πεδίο.

1.Α.4 Να σημειώσετε ποιες από τις ακόλουθες προτάσεις είναι **Σ**ωστές και ποιες **Λ**ανθασμένες.
Το μαγνητικό πεδίο ευθύγραμμου ρευματοφόρου αγωγού απείρου μήκους έχει τις ιδιότητες:
Α. Οι μαγνητικές του γραμμές είναι παράλληλες με τον αγωγό.
Β. Η μαγνητική επαγωγή Β του πεδίου είναι ασύμβατα κάθετη με τον αγωγό.
Γ. Το μέτρο της μαγνητικής επαγωγής Β σε κάποιο σημείο του είναι ανάλογο με την απόσταση του σημείου αυτού από τον αγωγό.
Δ. Το μέτρο της μαγνητικής επαγωγής Β σε κάποιο σημείο του είναι ανάλογο με την ένταση του ρεύματος Ι που τον διαρρέει.
Ε. Το μέτρο της μαγνητικής επαγωγής Β σε κάποιο σημείο του είναι αντιστρόφως ανάλογο με το τετράγωνο της απόστασης του σημείου αυτού από τον αγωγό.

1.Α.5 Από ένα σημείο ενός μαγνητικού πεδίου:
Α. διέρχεται μία μόνο μαγνητική γραμμή.
Β. διέρχονται πολλές μαγνητικές γραμμές.
Γ. διέρχονται τόσες περισσότερες μαγνητικές γραμμές όσο μεγαλύτερη είναι η μαγνητική επαγωγή του πεδίου.
Δ. μπορεί να διέρχονται και περισσότερες μαγνητικές γραμμές.

1.Α.6 Να σημειώσετε ποιες από τις ακόλουθες προτάσεις είναι **Σ**ωστές και ποιες **Λ**ανθασμένες.
Α. Όταν οι μαγνητικές γραμμές είναι παράλληλες , το μαγνητικό πεδίο είναι ομογενές.
Β. Οι μαγνητικές γραμμές ενός μαγνητικού πεδίου δεν τέμνονται.
Γ. Οι μαγνητικές γραμμές ενός μαγνητικού πεδίου είναι κλειστές.
Δ. Οι μαγνητικές γραμμές είναι κάθετες στην μαγνητική επαγωγή του μαγνητικού πεδίου.
Ε. Γύρω από κάθε ρευματοφόρο αγωγό δημιουργείται μαγνητικό πεδίο.

1.Α.7 Το μέτρο της μαγνητικής επαγωγής του μαγνητικού πεδίου που δημιουργεί ευθύγραμμος αγωγός μεγάλου μήκους , που διαρρέεται από ρεύμα έντασης Ι σε ένα ορισμένο σημείο, είναι:
Α. ανάλογο του Ι.
Β. ανάλογο του I^2.
Γ. αντιστρόφως ανάλογο του Ι.
Δ. αντιστρόφως ανάλογο του I^2.

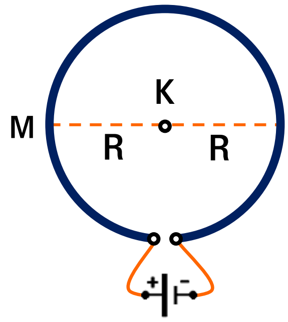
1.Α.8 Η μαγνητική επαγωγή Β σε κάποιο σημείο Α του μαγνητικού πεδίου ρευματοφόρου αγωγού, δεν εξαρτάται από:
Α. τη γεωμετρία του αγωγού.
Β. το υλικό του αγωγού.
Γ. την απόσταση του σημείου Α από τον αγωγό.
Δ. τη φορά του ρεύματος.

1.Α.9 Οι μαγνητικές γραμμές του μαγνητικού πεδίου ευθύγραμμου ρευματοφόρου αγωγού απείρου μήκους:
Α. διέρχονται όλες από το εσωτερικό του αγωγού.
Β. είναι ευθείες παράλληλες με τον αγωγό και ομόρροπες με το ρεύμα.
Γ. είναι ομόκεντροι κύκλοι των οποίων τα επίπεδα είναι κάθετα στον αγωγό.
Δ. είναι ομόκεντροι κύκλοι των οποίων τα επίπεδα είναι παράλληλα με τον αγωγό.

1.Α.10 Ένας ρευματοφόρος αγωγός δημιουργεί γύρω του μαγνητικό πεδίο:
Α. ανεξάρτητα από το αν είναι ευθύγραμμος ή κυκλικός.
Β. η επαγωγή του οποίου εξαρτάται από το μήκος του αγωγού.
Γ. του οποίου η επαγωγή Β ανεξάρτητα από την ένταση του ρεύματος που τον διαρρέει.
Δ. του οποίου η επαγωγή Β είναι ανεξάρτητη από τη γεωμετρία του αγωγού.

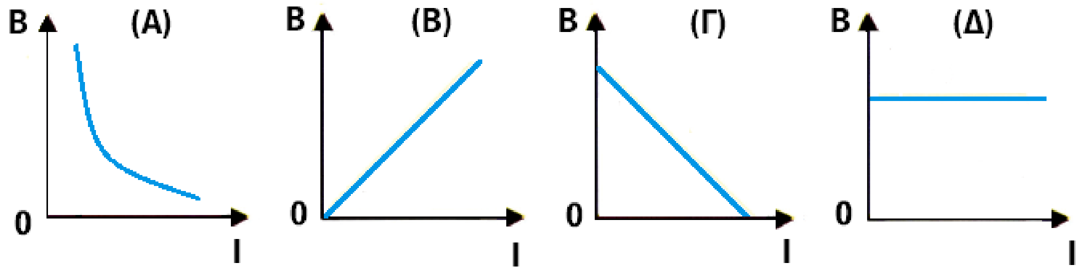
1.Α.11 Το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου σε απόσταση r από ευθύγραμμο αγωγό απείρου μήκους, που διαρρέεται από ρεύμα έντασης Ι , είναι Β. Σε απόσταση $2\cdot r$ από τον ίδιο αγωγό, το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου είναι:
Α. Β.
Β. $2\cdot B$.
Γ. $B/2$.
Δ. $B/4$.

1.Α.12 Η μαγνητική επαγωγή Β του μαγνητικού πεδίου στο κέντρο Κ του κυκλικού ρευματοφόρου αγωγού του διπλανού σχήματος , έχει σημείο εφαρμογής το κέντρο Κ και κατεύθυνση:
Α. από το Κ προς το Μ πάνω στην ακτίνα.
Β. από το Κ προς το Ν πάνω στην ακτίνα.
Γ. κάθετη στο επίπεδό του αγωγού με φορά προς τα έξω.
Δ. κάθετη στο επίπεδό του αγωγού με φορά προς τα μέσα.



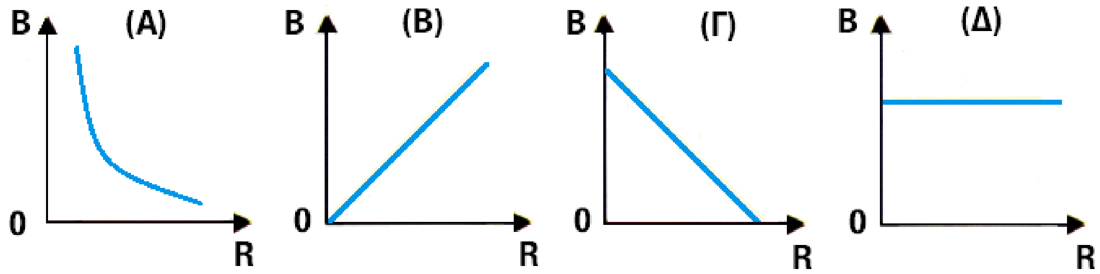
1.Α.13 Το μέτρο της μαγνητικής επαγωγής Β του μαγνητικού πεδίου που δημιουργεί στο κέντρο του, ένας κυκλικός αγωγός που διαρρέεται από ρεύμα έντασης Ι , είναι:
Α. ανάλογο του Ι.
Β. ανάλογο του I^2.
Γ. αντιστρόφως ανάλογο του Ι.
Δ. αντιστρόφως ανάλογο του I^2.

1.Α.14 Το μέτρο της μαγνητικής επαγωγής Β του μαγνητικού πεδίου που δημιουργεί στο κέντρο του, ένας κυκλικός αγωγός που διαρρέεται από ρεύμα έντασης Ι , περιγράφεται από το διάγραμμα:



Α. Διάγραμμα (Α) Β. Διάγραμμα (Β) Γ. Διάγραμμα (Γ) Δ. Διάγραμμα (Δ)

1.Α.15 Το μέτρο της μαγνητικής επαγωγής Β του μαγνητικού πεδίου που δημιουργεί στο κέντρο του, ένας κυκλικός αγωγός ακτίνας R , περιγράφεται από το διάγραμμα:



Α. Διάγραμμα (Α) Β. Διάγραμμα (Β) Γ. Διάγραμμα (Γ) Δ. Διάγραμμα (Δ)

1.Α.16 Να σημειώσετε ποιες από τις ακόλουθες προτάσεις είναι **Σ**ωστές και ποιες **Λ**ανθασμένες.
Α. Το μαγνητικό πεδίο γύρω από ευθύγραμμο ρευματοφόρο αγωγό είναι ομογενές.
Β. Το μαγνητικό πεδίο στο εσωτερικό ενός κυκλικού ρευματοφόρου αγωγού είναι ομογενές.
Γ. Η τιμή της επαγωγής του μαγνητικού πεδίου σε κάποιο σημείο του πεδίου που δημιουργεί ευθύγραμμος ρευματοφόρος αγωγός εξαρτάται μόνο από την απόσταση του σημείου από τον αγωγό.
Δ. Η ένταση του μαγνητικού πεδίου είναι εφαπτόμενη σε κάθε σημείο των μαγνητικών γραμμών.
Ε. Το διάνυσμα της μαγνητικής επαγωγής του μαγνητικού πεδίου σε κάθε σημείο γύρω από κυκλικό ρευματοφόρο αγωγό , είναι κάθετο στο επίπεδο του κυκλικού αγωγού.

1.Α.17 Η σχέση $B = k_\mu \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot I}{R}$ δίνει το μέτρο της μαγνητικής επαγωγής του μαγνητικού πεδίου ρευματοφόρου αγωγού:
Α. Στο εξωτερικό ενός κυκλικού αγωγού.
Β. Στο εσωτερικό ενός κυκλικού αγωγού.
Γ. Μόνο στο κέντρο του κυκλικού αγωγού.
Δ. Στα σημεία που βρίσκονται πάνω στον κυκλικό αγωγό.

1.Α.18 Να σημειώσετε ποιες από τις ακόλουθες προτάσεις είναι **Σ**ωστές και ποιες **Λ**ανθασμένες.
Η μαγνητική επαγωγή Β του μαγνητικού πεδίου στο εσωτερικό ρευματοφόρου σωληνοειδούς:
Α. έχει μέτρο που εξαρτάται από την ακτίνα των σπειρών του.
Β. έχει διεύθυνση κάθετη στο επίπεδο των σπειρών.
Γ. έχει μέτρο που δεν εξαρτάται από το μήκος του.
Δ. έχει μέτρο που είναι μεγαλύτερο κοντά στις σπείρες από ότι κοντά στον άξονα του σωληνοειδούς.
Ε. έχει μέτρο ανάλογο με τον αριθμό των σπειρών ανά μονάδα μήκους.

1.Α.19 Οι δυναμικές γραμμές του μαγνητικού πεδίου το οποίο δημιουργεί ρευματοφόρο σωληνοειδές στο εξωτερικό του:
Α. είναι ομόκεντροι κύκλοι, σε επίπεδο κάθετο στον άξονά του.
Β. ξεκινάνε (πηγάζουν) από το ένα του άκρο και καταλήγουν στο άλλο.
Γ. εξέρχονται από το ένα του άκρο και εισέρχονται στο άλλο.
Δ. είναι ευθείες κάθετες στον άξονά του.

1.Α.20 Σε σωληνοειδές ορισμένου αριθμού σπειρών Ν, που διαρρέεται από ρεύμα έντασης Ι, το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου στο εσωτερικό του είναι:
Α. ανάλογο του μήκους του.
Β. αντιστρόφως ανάλογο του μήκους του.
Γ. ανάλογο του τετραγώνου του μήκους του.
Δ. αντιστρόφως ανάλογο του τετραγώνου του μήκους του.

1.Α.21 Δύο σωληνοειδή διαρρέονται από το ίδιο ρεύμα, έχουν το ίδιο μήκος, τον ίδιο αριθμό σπειρών, αλλά διαφορετική διάμετρο σπείρας. Συνεπώς, δημιουργείται:
Α. ισχυρότερο μαγνητικό πεδίο στο σωληνοειδές που έχει μεγαλύτερη διάμετρο σπείρας.
Β. ισχυρότερο μαγνητικό πεδίο στο σωληνοειδές που έχει μικρότερη διάμετρο σπείρας.
Γ. ισχυρότερο μαγνητικό πεδίο στο βαρύτερο σωληνοειδές.
Δ. μαγνητικό πεδίο ίδιας μαγνητικής επαγωγής και στα δύο σωληνοειδή.

1.Α.22 Σωληνοειδές με Ν σπείρες και μήκος ℓ διαρρέεται από ρεύμα έντασης Ι. Στο εσωτερικό του σωληνοειδούς το μαγνητικό πεδίο έχει μαγνητική επαγωγή που:
Α. το μέτρο της εξαρτάται από τη διάμετρο του σωληνοειδούς.
Β. το μέτρο της δίνεται από τη σχέση $\mathbf{B = 4 \cdot \pi \cdot k_\mu \cdot \frac{N}{\ell} \cdot I}$.
Γ. η διεύθυνσή της είναι παράλληλη στο επίπεδο των σπειρών.
Δ. η διεύθυνσή της στο κέντρο του είναι παράλληλη στον άξονα του σωληνοειδούς.

1.Α.23 Να σημειώσετε ποιες από τις ακόλουθες προτάσεις είναι **Σ**ωστές και ποιες **Λ**ανθασμένες.
Α. Το μαγνητικό πεδίο γύρω από ευθύγραμμο ρευματοφόρο αγωγό δεν είναι ομογενές.
Β. Το μαγνητικό πεδίο στο εσωτερικό ενός ρευματοφόρου σωληνοειδούς «μεγάλου μήκους» είναι ομογενές.
Γ. Στο εξωτερικό ενός ρευματοφόρου σωληνοειδούς το μαγνητικό πεδίο είναι ισχυρότερο από αυτό στο εσωτερικό του.
Δ. Το μαγνητικό πεδίο στο κέντρο κυκλικού ρευματοφόρου αγωγού δεν ορίζεται.
Ε. Το μαγνητικό πεδίο στο κέντρο ενός ρευματοφόρου σωληνοειδούς έχει διπλάσια μαγνητική επαγωγή από εκείνη στα άκρα του.

1.Α.24 Να σημειώσετε ποιες από τις ακόλουθες προτάσεις είναι **Σ**ωστές και ποιες **Λ**ανθασμένες.
Οι μαγνητικές γραμμές του μαγνητικού πεδίου ενός σωληνοειδούς που διαρρέεται από ρεύμα:
Α. Είναι κλειστές.
Β. Είναι ανοιχτές.
Γ. Είναι παράλληλες μεταξύ τους.
Δ. Έχουν αντίθετη φορά όταν αλλάζει η φορά της έντασης του ρεύματος.
Ε. Στο εσωτερικό του σωληνοειδούς είναι ευθείες, παράλληλες μεταξύ τους και κάθετες στον άξονά του.

1.Α.25 Να σημειώσετε ποιες από τις ακόλουθες προτάσεις είναι **Σ**ωστές και ποιες **Λ**ανθασμένες.
Οι μαγνητικές γραμμές του μαγνητικού πεδίου ενός ρευματοφόρου σωληνοειδούς , στον εξωτερικό του χώρο:
Α. Είναι ομόκεντροι κύκλοι που περιβάλλουν το σωληνοειδές.
Β. Μοιάζει με το μαγνητικό πεδίο ενός ραβδόμορφου μαγνήτη.
Γ. Εξέρχονται από τον νότιο πόλο και εισέρχονται στο βόρειο πόλο του σωληνοειδούς.
Δ. Είναι κατά προσέγγιση ομογενές.
Ε. ξεκινάνε (πηγάζουν) από το βόρειο πόλο και καταλήγουν νότιο πόλο του σωληνοειδούς.

1.Α.26 Στο εσωτερικό ρευματοφόρου σωληνοειδούς τοποθετούμε μια ράβδο μαλακού σιδήρου, οπότε οι δυναμικές γραμμές στο εσωτερικό της ράβδου:
Α. Διατηρούν την αρχική τους μορφή.
Β. Αραιώνουν.
Γ. Πυκνώνουν.
Δ. Αντιστρέφουν τη φορά τους.

1.Α.27 Η μαγνητική διαπερατότητα ενός τεμαχίου νικελίου:
Α. Είναι πολύ μεγαλύτερη από τη μονάδα.
Β. Είναι λίγο μεγαλύτερη από τη μονάδα.
Γ. Είναι λίγο μικρότερη από τη μονάδα.
Δ. Εξαρτάται από τις διαστάσεις του τεμαχίου.

1.Α.28 Ο σίδηρος , το κοβάλτιο και το νικέλιο , σε θερμοκρασία μικρότερη από τη θερμοκρασία Curie, είναι υλικά:
Α. Παραμαγνητικά.
Β. Διαμαγνητικά.
Γ. Σιδηρομαγνητικά.
Δ. Με μαγνητική διαπερατότητα ίση με τη μονάδα.

1.Α.29 Να σημειώσετε ποιες από τις ακόλουθες προτάσεις είναι **Σ**ωστές και ποιες **Λ**ανθασμένες.
Ένας ηλεκτρομαγνήτης που έχει σωληνοειδές με μαλακό σίδηρο στο εσωτερικό του:
Α. Λειτουργεί, επειδή ο μαλακός σίδηρος μαγνητίζεται μόνιμα.
Β. Χρησιμοποιείται στα μικρόφωνα των τηλεφώνων.
Γ. Χρησιμοποιείται στα ηλεκτρικά κουδούνια , γιατί μπορεί να ανοιγοκλείνει ένα ηλεκτρικό κύκλωμα.
Δ. Δημιουργεί ηλεκτροστατικό πεδίο.
Ε. Είναι ένας μαγνήτης που όμως διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα.

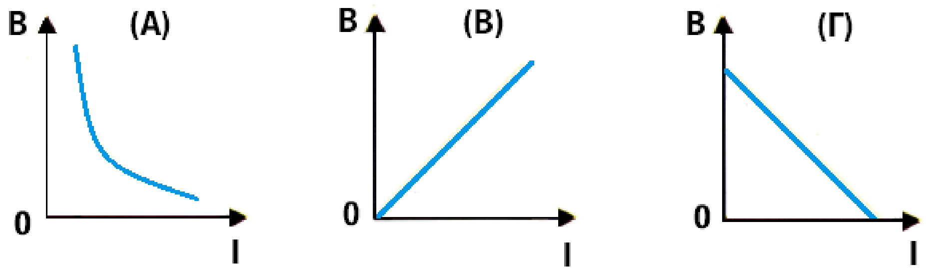
1.Α.30 Αν μέσα σε σωληνοειδές που διαρρέεται από ρεύμα βάλουμε πυρήνα μαλακού σιδήρου με μαγνητική διαπερατότητα μ, τότε:
Α. μειώνεται η ένταση του μαγνητικού πεδίου μ φορές.
Β. αυξάνεται η ένταση του μαγνητικού πεδίου μ φορές.
Γ. οι δυναμικές γραμμές στο εσωτερικό του σωληνοειδούς θα πυκνώσουν.
Δ. θα αλλάξει η φορά της έντασης Β του μαγνητικού πεδίου.
Ε. δεν θα συμβεί τίποτε απολύτως.

Β Θέμα

Στις ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής που ακολουθούν να σημειώσετε τη σωστή απάντηση αφού δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

Μαγνητικό πεδίο ευθύγραμμου ρευματοφόρου αγωγού

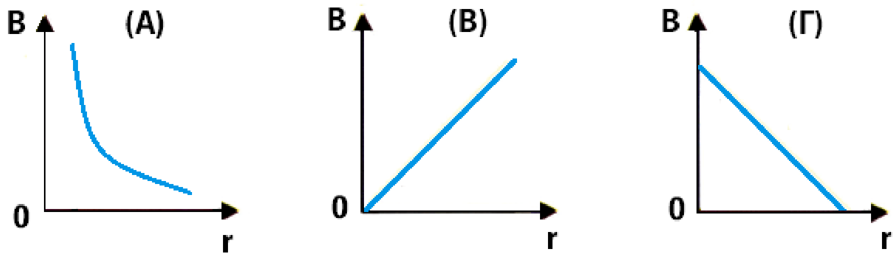
1.Β.1 Το μέτρο της μαγνητικής επαγωγής Β του μαγνητικού πεδίου που δημιουργεί σε κάποιο σημείο ένας ευθύγραμμος αγωγός που διαρρέεται από ρεύμα έντασης Ι, περιγράφεται από το διάγραμμα:



Α. Διάγραμμα (Α) Β. Διάγραμμα (Β) Γ. Διάγραμμα (Γ)

Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

1.Β.2 Το μέτρο της μαγνητικής επαγωγής Β του μαγνητικού πεδίου που δημιουργείται σε κάποιο σημείο που απέχει απόσταση r από ένα ευθύγραμμο αγωγό που διαρρέεται από ρεύμα έντασης Ι, περιγράφεται από το διάγραμμα:



Α. Διάγραμμα (Α) Β. Διάγραμμα (Β) Γ. Διάγραμμα (Γ)

Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

1.Β.3 Δύο παράλληλοι αγωγοί (1) και (2) μεγάλου μήκους που βρίσκονται στο επίπεδο της σελίδας και απέχουν απόσταση d διαρρέονται από αντίρροπα ρεύματα εντάσεων $I_1 = I$ και $I_2 = 0{,}5 \cdot I$. Τότε τα σημεία που η επαγωγή του συνολικού μαγνητικού πεδίου είναι μηδέν είναι:

Α. Σε όλα τα σημεία μιας ευθείας που βρίσκεται εκτός των παραλλήλων αγωγών από την πλευρά του αγωγού (2) σε απόσταση ίση με d.

Β. Σε όλα τα σημεία μιας ευθείας που βρίσκεται εντός των παραλλήλων αγωγών από την πλευρά του αγωγού (2) σε απόσταση ίση με d/3.

Α. Σε όλα τα σημεία μιας ευθείας που βρίσκεται εκτός των παραλλήλων αγωγών από την πλευρά του αγωγού (1) σε απόσταση ίση με d.

Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

1.B.4 Δύο παράλληλοι αγωγοί (1) και (2) μεγάλου μήκους που βρίσκονται στο επίπεδο της σελίδας και απέχουν απόσταση d διαρρέονται από ρεύματα ίσων εντάσεων $I_1 = I_2 = I$. Τότε στο μέσον της μεταξύ τους απόστασης η επαγωγή του συνολικού μαγνητικού πεδίου είναι:

i) Αν τα ρεύματα είναι ομόρροπα: Α. $\Sigma B = 0$ Β. $\Sigma B = k_\mu \cdot \frac{4 \cdot I}{d}$ Γ. $\Sigma B = k_\mu \cdot \frac{8 \cdot I}{d}$

ii) Αν τα ρεύματα είναι αντίρροπα: Α. $\Sigma B = 0$ Β. $\Sigma B = k_\mu \cdot \frac{4 \cdot I}{d}$ Γ. $\Sigma B = k_\mu \cdot \frac{8 \cdot I}{d}$

Να αιτιολογήσετε τις επιλογές σας.

1.B.5 Δυο παράλληλοι ευθύγραμμοι αγωγοί μεγάλου μήκους διαρρέονται από ίδια ένταση ρεύματος I, βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο και σε απόσταση $d = 2 \cdot \alpha$. Η επαγωγή του συνολικού μαγνητικού πεδίου σε απόσταση α από τον έναν αγωγό και σε σημείο εκτός των παραλλήλων αγωγών, είναι:

i) Αν τα ρεύματα είναι ομόρροπα: Α. $\Sigma B = 0$ Β. $\Sigma B = k_\mu \cdot \frac{4 \cdot I}{\alpha}$ Γ. $\Sigma B = k_\mu \cdot \frac{8 \cdot I}{3 \cdot \alpha}$

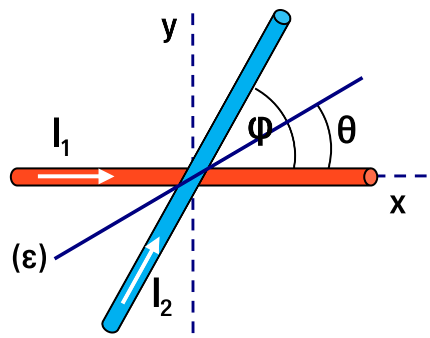
ii) Αν τα ρεύματα είναι αντίρροπα: Α. $\Sigma B = 0$ Β. $\Sigma B = k_\mu \cdot \frac{4 \cdot I}{3 \cdot \alpha}$ Γ. $\Sigma B = k_\mu \cdot \frac{8 \cdot I}{3 \cdot \alpha}$

Να αιτιολογήσετε τις επιλογές σας.

1.B.6 Δύο ευθύγραμμοι αγωγοί μεγάλου μήκους διαρρέονται από ομόρροπα ρεύματα ίσης έντασης I, βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο και σχηματίζουν μεταξύ τους γωνία φ. Τότε τα σημεία του επιπέδου που η ένταση του μαγνητικού πεδίου είναι μηδέν, βρίσκονται πάνω σε μια ευθεία με κλίση: Α. $\varepsilon\varphi\theta = \frac{\eta\mu\varphi}{1 - \sigma\upsilon\nu\varphi}$ Β. $\varepsilon\varphi\theta = \frac{\eta\mu\varphi}{1 + \sigma\upsilon\nu\varphi}$

Γ. $\varepsilon\varphi\theta = \frac{1 + \eta\mu\varphi}{\sigma\upsilon\nu\varphi}$

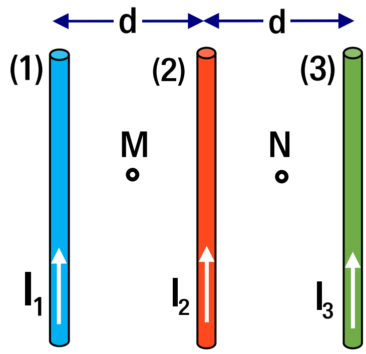
Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.



1.B.7 Τρεις ευθύγραμμοι και παράλληλοι αγωγοί (1), (2) και (3), βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο και διαρρέονται από αντίστοιχα ρεύματα έντασης $I_1 = 3\,A$, $I_2 = 6\,A$ και $I_3 = 9\,A$, όπως φαίνεται στο διπλανό σχήμα. Τότε οι μαγνητικές επαγωγές του μαγνητικού πεδίου στα μέσα Μ και Ν των αποστάσεων των αγωγών μεταξύ τους, έχουν λόγο $\frac{B_M}{B_N}$ ίσο με:

Α. $\frac{B_M}{B_N} = 2$ Β. $\frac{B_M}{B_N} = 3$ Γ. $\frac{B_M}{B_N} = 4$

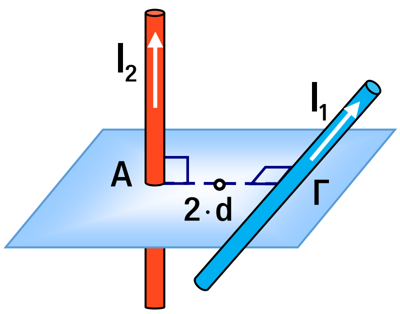
Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.



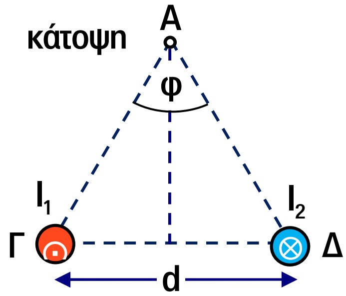
1.B.8 Δύο ευθύγραμμοι αγωγοί μεγάλου μήκους διαρρέονται από ρεύματα της ίδιας έντασης I και είναι κάθετοι μεταξύ τους, αλλά δεν βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο (ασύμβατα κάθετοι). Αν η απόσταση μεταξύ των αγωγών είναι $2 \cdot d$, τότε το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου στο μέσον της απόστασης τους είναι: Α. $\Sigma B = k_\mu \cdot \frac{2 \cdot \sqrt{2} \cdot I}{d}$

Β. $\Sigma B = k_\mu \cdot \frac{\sqrt{2} \cdot I}{2 \cdot d}$ Γ. $\Sigma B = k_\mu \cdot \frac{4 \cdot I}{d}$

Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.



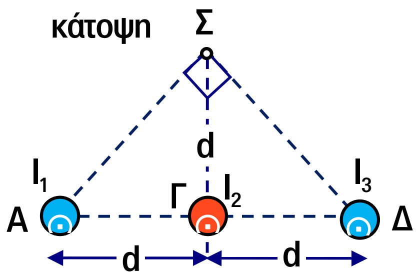
1.Β.9 Δύο ευθύγραμμοι και παράλληλοι αγωγοί βρίσκονται μεταξύ τους σε απόσταση d και διαρρέονται από ρεύματα ίσης έντασης I και αντίθετης φοράς. Τότε η μαγνητική επαγωγή του μαγνητικού πεδίου σε σημείο Α, που βρίσκεται στη μεσοκάθετο της μεταξύ τους απόστασης και βλέπει την απόσταση d υπό γωνία $\varphi = 60^0$, έχει μέτρο:



Α. $\Sigma B = k_\mu \cdot \frac{I}{2 \cdot d}$ Β. $\Sigma B = k_\mu \cdot \frac{4 \cdot I}{d}$ Γ. $\Sigma B = k_\mu \cdot \frac{2 \cdot I}{d}$

Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

1.Β.10 Τρεις ευθύγραμμοι αγωγοί μεγάλου μήκους είναι μεταξύ τους παράλληλοι, βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο και διαρρέονται από ρεύματα της ίδιας έντασης I. Οι αγωγοί είναι τοποθετημένοι, όπως στο διπλανό σχήμα και σε απόσταση d μεταξύ τους. Τότε η ένταση του μαγνητικού πεδίου σε ένα σημείο Σ, που βρίσκεται στη μεσοκάθετο της πλευράς ΑΔ και σε απόσταση d από αυτή, είναι:



i) Αν οι φορές των ρευμάτων είναι ομόρροπες:

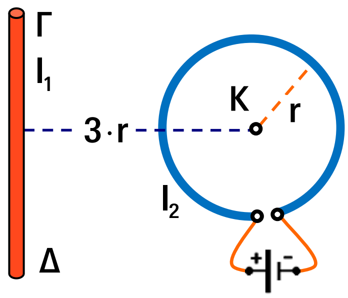
Α. $\Sigma B = 0$ Β. $\Sigma B = k_\mu \cdot \frac{4 \cdot I}{d}$ Γ. $\Sigma B = k_\mu \cdot \frac{2 \cdot I}{d}$

ii) Αν η φορά του ρεύματος του αγωγού Γ είναι αντίρροπη των δυο άλλων: Α. $\Sigma B = 0$ Β. $\Sigma B = k_\mu \cdot \frac{4 \cdot I}{d}$ Γ. $\Sigma B = k_\mu \cdot \frac{2 \cdot I}{d}$

Να αιτιολογήσετε τις επιλογές σας.

Μαγνητικό πεδίο κυκλικού ρευματοφόρου αγωγού

1.Β.11 Ευθύγραμμος αγωγός απείρου μήκους βρίσκεται σε απόσταση $3 \cdot r$ από το κέντρο κυκλικού αγωγού ακτίνας r όπως φαίνεται στο διπλανό σχήμα. Ο κυκλικός αγωγός διαρρέεται από ρεύμα $I_2 = I$ ενώ ο ευθύγραμμος από ρεύμα I_1. Αν οι δυο αγωγοί βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο και η συνολική μαγνητική επαγωγή του μαγνητικού πεδίου στο κέντρο Κ του κύκλου ισούται με μηδέν, τότε η ένταση I_1 έχει μέτρο και φορά:



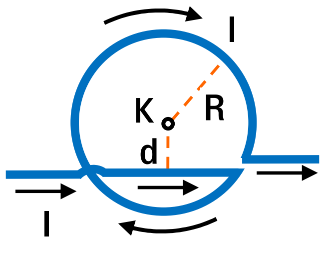
Α. $I_1 = 2 \cdot \pi \cdot I$ και φορά από το Δ στο Γ.

Β. $I_1 = 3 \cdot \pi \cdot I$ και φορά από το Γ στο Δ.

Γ. $I_1 = 4 \cdot I$ και φορά από το Δ στο Γ.

Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

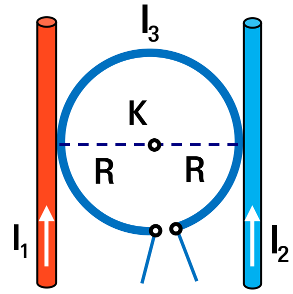
1.Β.12 Ο συρμάτινος αγωγός κάμπτεται δημιουργώντας το σύστημα των αγωγών του παρακάτω σχήματος και διαρρέεται από ρεύμα έντασης I. Αν η ακτίνα του κυκλικού τμήματος είναι R και η αντίστοιχη απόσταση του ευθύγραμμου τμήματος από το κέντρο Κ είναι $d = R/2$, τότε η ένταση του συνολικού μαγνητικού πεδίου στο κέντρο Κ του κύκλου, ισούται με: Α. $\Sigma B_K = k_\mu \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot I}{R}$



Β. $\Sigma B_K = k_\mu \cdot \frac{2 \cdot (\pi + 1) \cdot I}{R}$ Γ. $\Sigma B_K = k_\mu \cdot \frac{2 \cdot (\pi - 2) \cdot I}{R}$

Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

1.Β.13 Δύο ευθύγραμμοι και παράλληλοι αγωγοί μεγάλου μήκους εφάπτονται σε δυο αντιδιαμετρικά σημεία ενός κυκλικού αγωγού. Οι παράλληλοι αγωγοί διαρρέονται από ρεύματα εντάσεως $I_1 = I$ και $I_2 = 2 \cdot I$ αντίστοιχα, που έχουν την ίδια φορά. Τότε η ένταση και η φορά του ρεύματος I_3 που πρέπει να διαρρέεται ο κυκλικός αγωγός ώστε η ένταση του μαγνητικού πεδίου στο κέντρο Κ του κυκλικού αγωγού να είναι μηδέν, είναι:



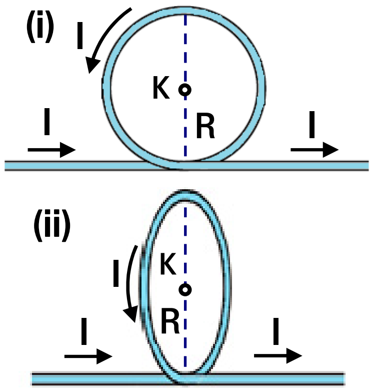
Α. Σύμφωνα με τους δείκτες του ρολογιού και μέτρο $I_3 = I/\pi$.

Β. Αντίθετα από τους δείκτες του ρολογιού και μέτρο $I_3 = I/\pi$.

Γ. Σύμφωνα με τους δείκτες του ρολογιού και μέτρο $I_3 = I \cdot \pi$.

Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

1.Β.14 Ευθύγραμμος αγωγός μεγάλου μήκους καμπυλώνεται σε ένα σημείο του έτσι ώστε να δημιουργείται κυκλικός αγωγός ακτίνας R. Αν ο αγωγός διαρρέεται από ρεύμα εντάσεως I, τότε η συνολική ένταση του μαγνητικού πεδίου στο κέντρο Κ του κυκλικού αγωγού έχει μέτρο:



i) Αν ο ευθύγραμμος και κυκλικός αγωγός βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο:

Α. $\Sigma B = 0$ Β. $\Sigma B_K = k_\mu \cdot \dfrac{2 \cdot (\pi + 1) \cdot I}{R}$

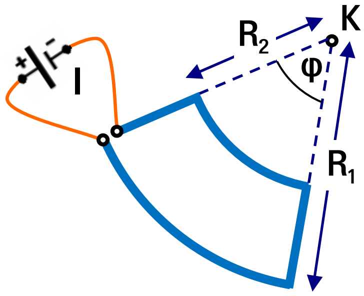
Γ. $\Sigma B_K = k_\mu \cdot \dfrac{4 \cdot (\pi - 1) \cdot I}{R}$

ii) Αν ο κυκλικός αγωγός στραφεί έτσι ώστε το επίπεδο του κύκλου γίνει κάθετο στον ευθύγραμμο αγωγό.

Α. $\Sigma B = 0$ Β. $\Sigma B_K = k_\mu \cdot \dfrac{\sqrt{\pi^2 + 1}}{R} \cdot I$ Γ. $\Sigma B_K = k_\mu \cdot \dfrac{2 \cdot \sqrt{\pi^2 + 1}}{R} \cdot I$

Να αιτιολογήσετε τις επιλογές σας

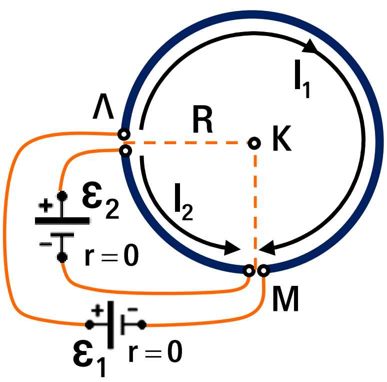
1.Β.15 Ο συρμάτινος αγωγός κάμπτεται δημιουργώντας το σύστημα των αγωγών του παρακάτω σχήματος και διαρρέεται από ρεύμα έντασης I, αφού τα άκρα του συνδεθούν με την πηγή. Τα ομόκεντρα κυκλικά τμήματα έχουν ακτίνες R_1 και R_2, ενώ η επίκεντρη γωνία φ είναι ίση με 30^0. Τότε η συνολική ένταση του μαγνητικού πεδίου που προκαλούν τα κυκλικά τμήματα στο κέντρο Κ έχει μέτρο: Α. $\Sigma B = 0$ Β. $\Sigma B_K = k_\mu \cdot \dfrac{\pi \cdot I}{6 \cdot (R_2 - R_1)}$



Γ. $\Sigma B_K = k_\mu \cdot \dfrac{\pi \cdot I}{6} \cdot \left(\dfrac{1}{R_2} - \dfrac{1}{R_1} \right)$

Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

1.Β.16 Ένας κυκλικός αγωγός αντίστασης R κόβεται σε δύο σημεία Λ, Μ έτσι ώστε $ΛΚΜ = 90^0$. Τα δύο τμήματα τροφοδοτούνται με δύο ρεύματα I_1 και I_2 όπως φαίνεται στο διπλανό τμήμα. Αν οι εσωτερικές αντιστάσεις των πηγών είναι αμελητέες τότε ο λόγος των Η.Ε.Δ. των πηγών που θα συνδεθούν στα άκρα των δύο τμημάτων, ώστε η μαγνητική επαγωγή του συνολικού μαγνητικού πεδίου να είναι μηδέν ισούται με:



Α. $\dfrac{E_1}{E_2} = \dfrac{1}{4}$ Β. $\dfrac{E_1}{E_2} = 4$ Γ. $\dfrac{E_1}{E_2} = 1$

Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

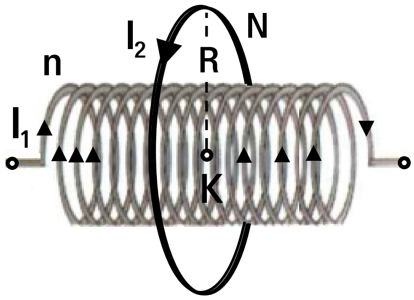
Μαγνητικό πεδίο ρευματοφόρου σωληνοειδούς

1.Β.17 Δύο σωληνοειδή Α και Β έχουν αντίστοιχα μήκη και αριθμό σπειρών με σχέσεις $\ell_B = 3\cdot\ell_A$ και $n_B = 9\cdot n_A$, ενώ διαρρέονται από ρεύματα εντάσεων $I_B = 15\cdot I_A$. Στο σωληνοειδές Α τοποθετούμε σιδηροπυρήνα έτσι ώστε οι εντάσεις των μαγνητικών πεδίου στο εσωτερικό των δύο σωληνοειδών να είναι ίσες. Τότε η μαγνητική διαπερατότητα του σιδηρομαγνήτη ισούται με:

Α. $\mu = \frac{\ell_A}{\ell_B}\cdot\frac{n_B}{n_A}\cdot\frac{I_B}{I_A}$ Β. $\mu = \frac{\ell_A}{\ell_B}\cdot\frac{n_A}{n_B}\cdot\frac{I_B}{I_A}$ Γ. $\mu = \frac{\ell_A}{\ell_B}\cdot\frac{n_B}{n_A}\cdot\frac{I_A}{I_B}$

Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

1.Β.18 Σωληνοειδές έχει n σπείρες ανά μέτρο και διαρρέεται από ρεύμα εντάσεως I_1. Κυκλικό πλαίσιο έχει Ν σπείρες και ακτίνα R, $(N < n\cdot R)$, ενώ είναι τοποθετημένο ώστε να περιβάλλει το σωληνοειδές ομοκεντρικά. Αν το πλαίσιο διαρρέεται από ρεύμα εντάσεως $I_2 = 2\cdot I_1$, όπως φαίνεται στο διπλανό σχήμα, τότε η συνολική μαγνητική επαγωγή του μαγνητικού πεδίου στο κέντρο Κ του συστήματος, ισούται με:



Α. $\Sigma B_K = 4\cdot\pi\cdot k_\mu\cdot I_1\cdot\left(n+\frac{N}{R}\right)$ Β. $\Sigma B_K = 4\cdot\pi\cdot k_\mu\cdot I_1\cdot\left(\frac{N}{R}-n\right)$ Γ. $\Sigma B_K = 4\cdot\pi\cdot k_\mu\cdot I_1\cdot\left(n-\frac{N}{R}\right)$

Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

1.Β.19 Σωληνοειδές έχει n σπείρες ανά μέτρο και διαρρέεται από ρεύμα εντάσεως I_1. Κυκλικό πλαίσιο διαρρέεται από ρεύμα εντάσεως $I_2 = 10\cdot I_1$, έχει Ν σπείρες και ακτίνα R, ενώ είναι τοποθετημένο ώστε να περιβάλλει το σωληνοειδές ομοκεντρικά. Αν η συνολική μαγνητική επαγωγή στο κέντρο του σωληνοειδούς είναι μηδέν, τότε η ακτίνα του κυκλικού πλαισίου ισούται με:

Α. $R = \frac{5\cdot N}{n}$ Β. $R = \frac{5\cdot n}{N}$ Γ. $R = \frac{2\cdot N}{n}$

Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

1.Β.20 Σε μονωτικό κύλινδρο μήκους ℓ, τυλίγονται δύο σύρματα κατά την ίδια φορά, δημιουργώντας δύο σωληνοειδή από δυο στρώματα σπειρών, με το εσωτερικό να αποτελείται από Ν σπείρες και το εξωτερικό από $N' = 0{,}8\cdot N$ σπείρες. Αν κάθε σωληνοειδές διαρρέεται από ρεύμα έντασης I, τότε η συνολική μαγνητική επαγωγή του μαγνητικού πεδίου στο εσωτερικό του, ισούται με:

i) Αν οι φορές των ρευμάτων είναι ομόρροπες:

Α. $\Sigma B_K = 7{,}2\cdot\pi\cdot k_\mu\cdot\frac{N}{\ell}\cdot I$ Β. $\Sigma B_K = 4\cdot\pi\cdot k_\mu\cdot\frac{N}{\ell}\cdot I$ Γ. $\Sigma B_K = 0{,}8\cdot\pi\cdot k_\mu\cdot\frac{N}{\ell}\cdot I$

ii) Αν οι φορές των ρευμάτων είναι αντίρροπες:

Α. $\Sigma B_K = 7{,}2\cdot\pi\cdot k_\mu\cdot\frac{N}{\ell}\cdot I$ Β. $\Sigma B_K = 4\cdot\pi\cdot k_\mu\cdot\frac{N}{\ell}\cdot I$ Γ. $\Sigma B_K = 0{,}8\cdot\pi\cdot k_\mu\cdot\frac{N}{\ell}\cdot I$

Να αιτιολογήσετε τις επιλογές σας

1.Β.21 Δύο σωληνοειδή (1) και (2) έχουν κοινό άξονα με το (2) να βρίσκεται μέσα στο (1). Κάθετα στον άξονα των σωληνοειδών υπάρχει εξωτερικό μαγνητικό πεδίο επαγωγής B_0. Όταν διαβιβάζουμε ρεύμα στο σωληνοειδές (2) τότε η συνισταμένη ένταση στο εσωτερικό του σωληνοειδούς σχηματίζει με το άξονα γωνία $\varphi_1 = \pi/4$, ενώ αν διαβιβάσουμε ρεύμα της ίδιας έντασης και στο σωληνοειδές (1) τότε η γωνία γίνεται $\varphi_2 = \pi/6$. Τότε αν η ένταση του ρεύματος στο σωληνοειδές (2) αλλάξει φορά, η αντίστοιχη γωνία φ_3 θα προσδιορίζεται από τη σχέση:

Α. $\varepsilon\varphi\varphi_3 = \frac{1}{2-\sqrt{3}}$ Β. $\varepsilon\varphi\varphi_3 = 2-\sqrt{3}$ Γ. $\varepsilon\varphi\varphi_3 = \frac{\sqrt{3}}{2-\sqrt{3}}$

Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

Γ Θέμα

Να επιλύσετε τις ακόλουθες ασκήσεις.

Να επιλύσετε τα ακόλουθα προβλήματα.

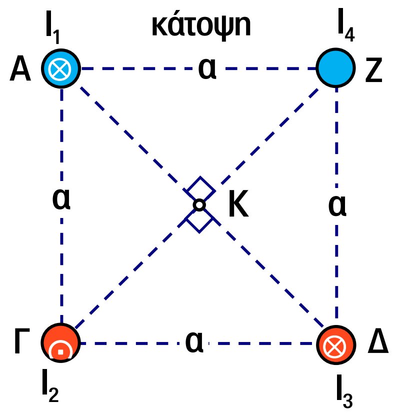
Δ Θέμα

Μαγνητικό πεδίο ευθύγραμμου ρευματοφόρου αγωγού

1.Γ.1 Τέσσερις ευθύγραμμοι αγωγοί απείρου μήκους είναι παράλληλοι μεταξύ τους και διαρρέονται από ρεύματα έντασης $I_1 = I_3 = 2\ A$, $I_2 = 4\ A$ και I_4. Στο διπλανό σχήμα φαίνεται μια προβολή τους, στο οριζόντιο επίπεδο, με τη φορά των ρευμάτων κάθετα το επίπεδο της σελίδας, αφού σχηματίζουν ένα τετράγωνο πλευράς α.

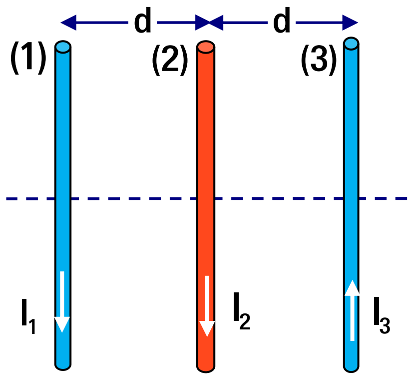
1. Να υπολογίσετε τη φορά και την τιμή της έντασης του ρεύματος του αγωγού Ζ, ώστε η συνισταμένη ένταση του μαγνητικού πεδίου στο κέντρο Κ του τετραγώνου να είναι ίση με μηδέν.

Δίνεται η σταθερά του μαγνητισμού $k_\mu = 10^{-7}\ N/A^2$.



1.Γ.2 Οι τρεις αγωγοί στο διπλανό σχήμα είναι μεγάλου μήκους και απέχουν μεταξύ τους αποστάσεις $d = 12\ cm$. Επίσης διαρρέονται από ρεύματα έντασης $I_1 = I_2 = I$ και $I_3 = 2{\cdot}I$.

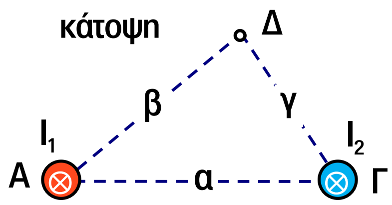
1. Να υπολογίσετε σε ποια σημεία του επιπέδου που ορίζουν οι τρεις αγωγοί, η συνισταμένη ένταση του μαγνητικού πεδίου είναι ίση με μηδέν, $\Sigma B = 0$.



1.Γ.3 Δύο ευθύγραμμοι και παράλληλοι αγωγοί μεγάλου μήκους διαρρέονται από ομόρροπα ρεύματα εντάσεων $I_1 = 20\ A$ και $I_2 = 15\ A$, ενώ οι δύο αγωγοί απέχουν απόσταση $\alpha = 5\ cm$.

1. Να υπολογίσετε το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου (συνισταμένη) σε ένα σημείο Δ, που απέχει από τους δύο αγωγούς αποστάσεις $\beta = 4\ cm$ και $\gamma = 3\ cm$, αντίστοιχα.

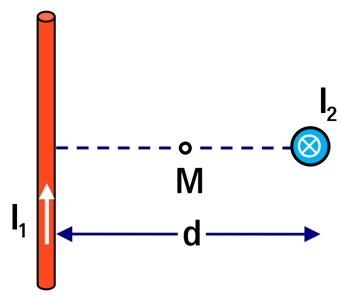
Δίνεται η σταθερά του μαγνητισμού $k_\mu = 10^{-7}\ N/A^2$.



1.Δ.4 Δύο σύρματα μεγάλου μήκους είναι ασύμβατα κάθετα μεταξύ τους, όπως φαίνεται στο διπλανό σχήμα και διαρρέονται από ρεύματα ίδιας έντασης $I_1 = I_2 = 5\ A$.

1. Να υπολογίσετε το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου στο μέσο Μ της κοινής τους κάθετης που έχει μήκος $d = 10\ cm$.

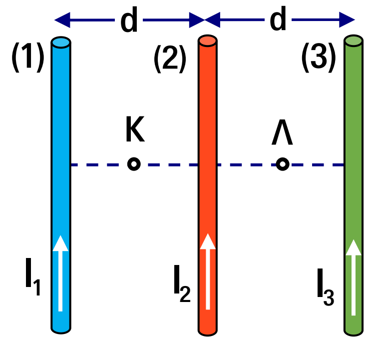
Δίνεται η σταθερά του μαγνητισμού $k_\mu = 10^{-7}\ N/A^2$.



1.Δ.5 Τρεις παράλληλοι ευθύγραμμοι αγωγοί μεγάλου μήκους (1), (2) και (3) βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο και διαρρέονται από ρεύματα ίδιας φοράς, των οποίων οι εντάσεις είναι $I_1 = 6$ A, $I_2 = 7{,}5$ A και $I_3 = 9$ A, αντίστοιχα. Ο μεσαίος αγωγός (2) απέχει από τους αγωγούς (1) και (3) αποστάσεις ίσες προς d = 20 cm. Να υπολογίσετε την ένταση του μαγνητικού πεδίου που δημιουργείται από τους τρεις αγωγούς:

1. Στο μέσο Κ της απόστασης των αγωγών (1) και (2).
2. Στο μέσο Λ της απόστασης των αγωγών (2) και (3).

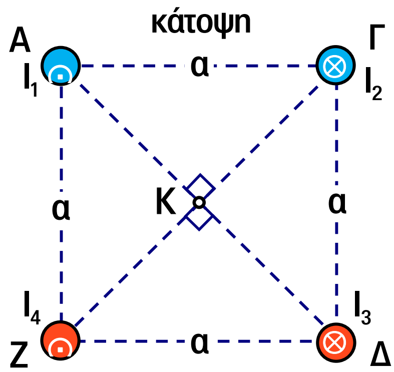
Δίνεται η σταθερά του μαγνητισμού $k_\mu = 10^{-7}\ N/A^2$.



1.Δ.6 Τέσσερις μεγάλου μήκους ευθύγραμμοι αγωγοί Α, Γ, Δ και Ζ είναι παράλληλοι μεταξύ τους και διαρρέονται από το ίδιο ρεύμα, έντασης $I_1 = I_2 = I_3 = I_4 = 4$ A. Η φορά των ρευμάτων στους αγωγούς αυτούς σημειώνεται όπως φαίνεται στο διπλανό σχήμα, ενώ η πλευρά του τετραγώνου ΑΓΔΖ έχει μήκος α = 0,2 m.
Να υπολογίσετε την ένταση Β του μαγνητικού πεδίου στο κέντρο Κ του τετραγώνου εξαιτίας του ρεύματος που διαρρέει:

1. Τον αγωγό Α.
2. Τους αγωγούς Α και Δ.
3. Τους αγωγούς Γ και Ζ.
4. Και τους τέσσερις αγωγούς.

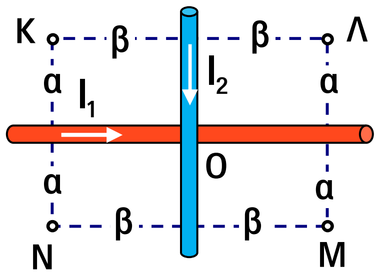
Δίνεται η σταθερά του μαγνητισμού $k_\mu = 10^{-7}\ N/A^2$.



1.Δ.7 Δύο ευθύγραμμοι αγωγοί Α και Γ είναι κάθετοι μεταξύ τους και στο σημείο τομής τους Ο είναι μονωμένοι. Οι αγωγοί διαρρέονται από ρεύματα των οποίων οι εντάσεις είναι $I_1 = 4{,}5$ A και $I_2 = 3{,}5$ A, αντίστοιχα.

1. Να υπολογίσετε την ένταση του μαγνητικού πεδίου που δημιουργείται από τους δύο αγωγούς Α και Γ στις τέσσερις κορυφές Κ, Λ, Μ και Ν του ορθογωνίου του διπλανού σχήματος, με πλευρές α = 5 cm και β = 10 cm.

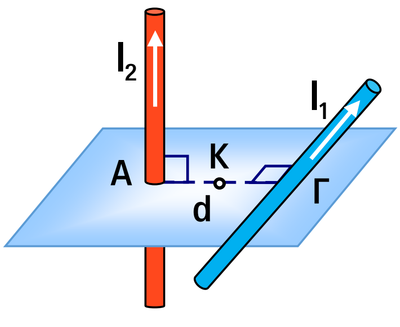
Δίνεται η σταθερά του μαγνητισμού $k_\mu = 10^{-7}\ N/A^2$.



1.Δ.8 Δύο ευθύγραμμα σύρματα μεγάλου μήκους βρίσκονται τοποθετημένα, όπως δείχνει το διπλανό σχήμα, σε απόσταση ΑΓ ίση με $d = 2\cdot\sqrt{2}$ m. Καθένα από τα σύρματα διαρρέεται από ρεύμα έντασης $I_1 = I_2 = 2$ A με τη φορά του σχήματος.

1. Να υπολογίσετε το μέτρο Β της έντασης του μαγνητικού πεδίου στο μέσον Κ της πλευράς ΑΓ, εξαιτίας του ρεύματος που διαρρέει καθένα από τα σύρματα.

Δίνεται η σταθερά του μαγνητισμού $k_\mu = 10^{-7}\ N/A^2$.



1.Δ.9 Δίνονται δύο ευθύγραμμοι κατακόρυφοι αγωγοί Α και Γ μεγάλου μήκους, που διαρρέονται από ρεύματα $I_1 = 2$ A και $I_2 = 4$ A αντίστοιχα, ομόρροπα μεταξύ τους, απέχουν απόσταση d = 10 cm.

1. Να υπολογίσετε την ένταση του μαγνητικού πεδίου σε ένα σημείο Δ το οποίο βρίσκεται στο επίπεδο που ορίζουν οι αγωγοί και για το οποίο ισχύει (ΑΔ) = (ΓΔ).
2. Να υπολογίσετε την ένταση του μαγνητικού πεδίου που δημιουργεί ο αγωγός Α στη θέση όπου βρίσκεται ο αγωγός Γ.
3. Πλησιάζουμε τους αγωγούς τόσο, ώστε να τους φέρουμε σε επαφή θεωρώντας τους ηλεκτρικά μονωμένους. Να υπολογίσετε την τιμή της έντασης του μαγνητικού πεδίου σε σημείο Κ που απέχει 6 cm από αυτούς.
4. Αν οι αγωγοί διαρρέονται από αντίρροπα ρεύματα, ποια σχέση πρέπει να έχουν οι εντάσεις των ρευμάτων, ώστε στον χώρο γύρω από αυτούς το πεδίο να έχει παντού τιμή μηδέν;

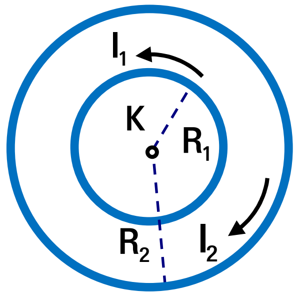
Δίνεται η σταθερά του μαγνητισμού $k_\mu = 10^{-7}\ N/A^2$.

Μαγνητικό πεδίο κυκλικού ρευματοφόρου αγωγού

1.Δ.10 Στο διπλανό σχήμα οι κυκλικοί αγωγοί (1), (2) έχουν ακτίνες αντίστοιχα ακτίνες $R_1 = 10$ cm και $R_2 = 20$ cm και διαρρέονται από αντίρροπα ρεύματα ίσης έντασης $I_1 = I_2 = 10$ A.

1. Να υπολογίσετε την ένταση B του μαγνητικού πεδίου στο κοινό κέντρο των αγωγών.
2. Να υπολογίσετε την ένταση B του μαγνητικού πεδίου στο κοινό κέντρο των αγωγών, αν τα ρεύματα είναι ομόρροπα.

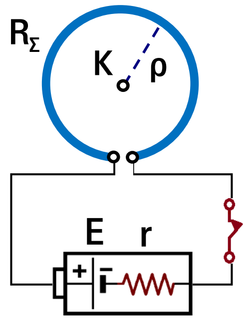
Δίνεται η σταθερά του μαγνητισμού $K_\mu = 10^{-7}$ N/A^2.



1.Δ.11 Με σύρμα μήκους $\ell = 0{,}2\cdot\pi^2$ m και αντίστασης ανά μονάδα μήκους $R^* = 0{,}5/\pi^2$ Ω/cm, κατασκευάζουμε κυκλικό αγωγό, αποτελούμενο από N σπείρες ακτίνας $\varrho = \pi$ cm. Συνδέουμε τον κυκλικό αγωγό με πηγή Η.Ε.Δ. $E = 30$ V και $r = 5$ Ω. Να υπολογίσετε τα ακόλουθα:

1. Την ένταση του μαγνητικού πεδίου στο κέντρο του αγωγού.
2. Τον ρυθμό αύξησης της θερμικής ενέργειας λόγω του φαινομένου Joule στον αγωγό.

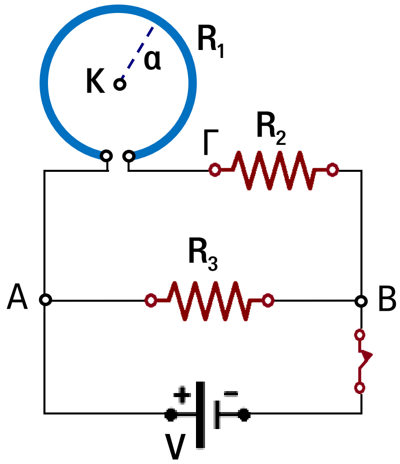
Δίνεται η σταθερά του μαγνητισμού $K_\mu = 10^{-7}$ N/A^2.



1.Δ.12 Στο κύκλωμα του παρακάτω σχήματος ο κυκλικός αγωγός έχει ακτίνα $\alpha = 0{,}02$ m και αντίσταση $R_1 = 5$ Ω, ενώ ο συνδεμένος σε σειρά αντιστάτης έχει αντίσταση $R_2 = 15$ Ω. Ο συνδεμένος παράλληλα αντιστάτης έχει αντίσταση $R_3 = 40$ Ω. Στα άκρα Α και Β εφαρμόζεται σταθερή τάση V. Το ρεύμα που διαρρέει τον κυκλικό αγωγό δημιουργεί στο κέντρο του μαγνητικό πεδίο έντασης μέτρου $B_K = \pi\cdot 10^{-4}$ T. Να υπολογίσετε τα ακόλουθα:

1. Την ένταση του ρεύματος που διαρρέει τον κυκλικό αγωγό.
2. Την τάση V.
3. Τη συνολική ισχύ που προσφέρεται στο κύκλωμα.
4. Την τιμή της αντίστασης R_2, ώστε η ένταση του μαγνητικού πεδίου στο κέντρο του κυκλικού αγωγού να γίνει ίση με το μισό της αρχικής.

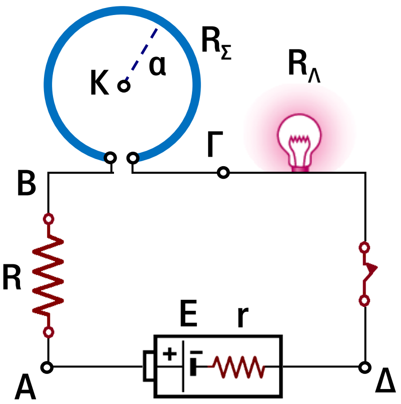
Δίνεται η σταθερά του μαγνητισμού $K_\mu = 10^{-7}$ N/A^2.



1.Δ.13 Το κύκλωμα του σχήματος περιέχει πηγή έχει με Η.Ε.Δ. $E = 40$ V και εσωτερική αντίσταση $r = 1$ Ω, ο λαμπτήρας έχει αντίσταση $R_\Lambda = 4$ Ω, ο αντιστάτης έχει αντίσταση $R = 3$ Ω και ο κυκλικός αγωγός έχει αντίσταση $R_\Sigma = 2$ Ω, ακτίνα $\alpha = \pi/10$ m, ενώ αγνοούμε το μικρό διάκενο του σύρματος του αγωγού.

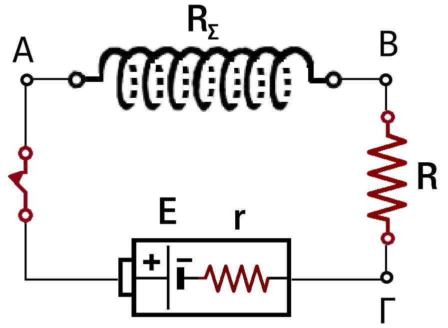
1. Να σχεδιάσετε το διάνυσμα της έντασης B του μαγνητικού πεδίου στο κέντρο K του κυκλικού αγωγού και να υπολογίσετε το μέτρο της.
2. Να υπολογίσετε το ρυθμό με τον οποίο ο λαμπτήρας δαπανά ηλεκτρική ενέργεια.
3. Να υπολογίσετε το ποσό θερμότητας που αναπτύσσεται στο κυκλικό πλαίσιο σε χρονικό διάστημα $t = 4$ min.
4. Να υπολογίσετε τα στοιχεία κανονικής λειτουργίας του λαμπτήρα εφόσον αυτός λειτουργεί κανονικά.

Δίνεται η σταθερά του μαγνητισμού $K_\mu = 10^{-7}$ N/A^2.



Μαγνητικό πεδίο ρευματοφόρου σωληνοειδούς

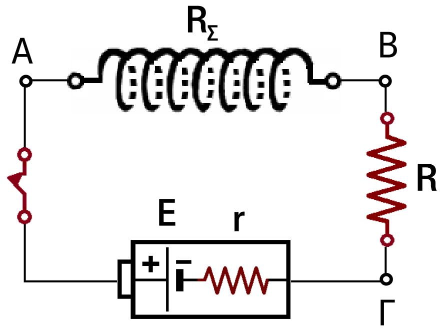
1.Δ.14 Σωληνοειδές το οποίο έχει Ν =1000 σπείρες , μήκος $\ell = 1$ m και αντίσταση $R_\Sigma = 4\ \Omega$, συνδέεται σε σειρά με αντιστάτη R = 5,5 Ω. Τα άκρα του διπόλου που σχηματίζεται συνδέονται με τους πόλους της πηγής, η οποία έχει Η.Ε.Δ. Ε και $r = 0,5\ \Omega$. Με ειδικό μαγνητόμετρο διαπιστώνουμε ότι η ένταση του μαγνητικού πεδίου στο εσωτερικό του σωληνοειδούς είναι $B = 12,56 \cdot 10^{-4}$ T. Να υπολογίσετε τα ακόλουθα:



1. Την ένταση του ρεύματος που διαρρέει το πηνίο.
2. Την τιμή της Η.Ε.Δ. Ε της πηγής.
3. Την πολική τάση της πηγής και την ισχύ που αυτή προσφέρει στο εξωτερικό κύκλωμα.
4. Την εκλυόμενη θερμότητα από τον αντιστάτη R, στο χρονικό διάστημα που το ηλεκτρικό φορτίο που διαρρέει την πηγή είναι q = 60 C.

Δίνεται η σταθερά του μαγνητισμού $K_\mu = 10^{-7}\ N/A^2$ και π = 3,14.

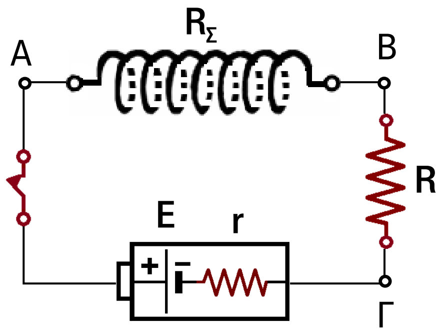
1.Δ.15 Σωληνοειδές το οποίο έχει Ν = 1000 σπείρες, μήκος $\ell = 1$ m και αντίσταση $R_\Sigma = 2\ \Omega$ συνδέεται σε σειρά με αντιστάτη R = 4 Ω. Τα άκρα του διπόλου που σχηματίζεται συνδέονται με τους πόλους πηγής, η οποία έχει Η.Ε.Δ. Ε = 8 V και r = 2 Ω. Να υπολογίσετε:



1. Την ένταση του ρεύματος που διαρρέει το πηνίο.
2. Την πολική τάση της πηγής.
3. Την ένταση του μαγνητικού πεδίου στο εσωτερικό του σωληνοειδούς.
4. Τη θερμότητα που μεταβιβάζει το σωληνοειδές στο περιβάλλον του σε χρονικό διάστημα Δt = 200 s, αν η θερμοκρασία του διατηρείται σταθερή.

Δίνεται η σταθερά του μαγνητισμού $K_\mu = 10^{-7}\ N/A^2$.

1.Δ.16 Σωληνοειδές το οποίο έχει Ν = 400 σπείρες, μήκος $\ell = 40$ cm και αντίσταση $R_\Sigma = 6\ \Omega$, συνδέεται σε σειρά με αντιστάτη $R_1 = 12\ \Omega$. Το δίπολο που σχηματίζεται συνδέεται με τους πόλους πηγής, η οποία έχει Η.Ε.Δ. Ε = 10 V και εσωτερική αντίσταση r = 2 Ω. Να υπολογίσετε τα ακόλουθα:



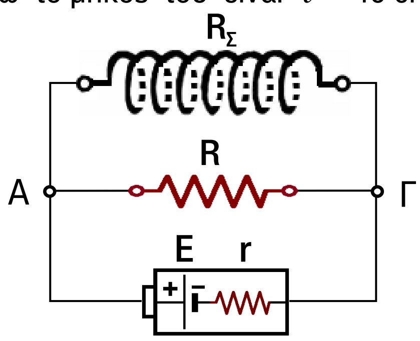
1. Την ένταση του μαγνητικού πεδίου στο εσωτερικό του σωληνοειδούς.
2. Την ισχύ που καταναλώνει ο αντιστάτης R_1 και το σωληνοειδές.

Παράλληλα με τον αντιστάτη R_1 συνδέουμε έναν άλλο αντιστάτη $R_2 = 2,4\ \Omega$. Να υπολογίσετε τα ακόλουθα:

3. Τη συνολική αντίσταση του κυκλώματος.
4. Τη νέα τιμή της έντασης του μαγνητικού πεδίου στο εσωτερικό του σωληνοειδούς.
5. Την ολική ηλεκτρική ισχύς του κυκλώματος.

Δίνεται η σταθερά του μαγνητισμού $K_\mu = 10^{-7}\ N/A^2$.

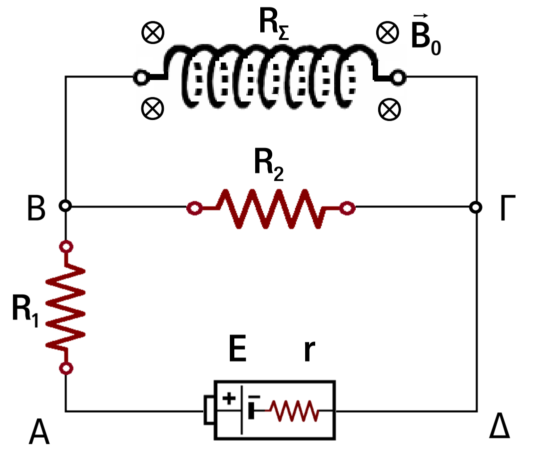
1.Δ.17 Το σωληνοειδές του σχήματος έχει Ν = 400 σπείρες, ενώ το μήκος του είναι $\ell = 40$ cm. Η αντίσταση του πηνίου είναι $R_\pi = 15\ \Omega$, ενώ παράλληλα προς το σωληνοειδές συνδέεται αντιστάτης R = 7,5 Ω με πηγή της οποίας τα στοιχεία ταυτότητας είναι Ε = 18 V και r = 1 Ω. Να υπολογίσετε τα ακόλουθα:



1. Την ισοδύναμη αντίσταση του εξωτερικού κυκλώματος.
2. Την ένταση του ρεύματος που διαρρέει την πηγή.
3. Την ένταση του ρεύματος που διαρρέει το πηνίο.
4. Την ένταση του μαγνητικού πεδίου στο εσωτερικό του σωληνοειδούς.

Δίνεται η σταθερά του μαγνητισμού $K_\mu = 10^{-7}\ N/A^2$.

1.Δ.18 Στο κύκλωμα του παρακάτω σχήματος η ηλεκτρική πηγή έχει Η.Ε.Δ. Ε και εσωτερική αντίσταση $r = 1\ \Omega$, ενώ οι υπόλοιπες αντιστάσεις έχουν τιμές $R_1 = 5\ \Omega$ και $R_2 = 9\ \Omega$. Το σωληνοειδές έχει επίσης αντίσταση $R_\Sigma = 18\ \Omega$ και $n = 10$ σπείρες/cm. Κάθετα στον άξονα του σωληνοειδούς υπάρχει εξωτερικό μαγνητικό πεδίο επαγωγής $B_0 = 2\ mT$, ενώ στο κέντρο του διεύθυνση του συνολικού μαγνητικού πεδίου σχηματίζει γωνία φ, όπου $εφφ = 20/π$ με τον άξονα του. Να υπολογίσετε τα ακόλουθα:



1. Την ένταση του ρεύματος που διαρρέει το σωληνοειδές.
2. Την ένταση του συνολικού μαγνητικού πεδίου στο κέντρο του σωληνοειδούς.
3. Τη θερμότητα που εκλύεται από τον αντιστάτη R_2 σε χρονικό διάστημα ενός λεπτού.
4. Την ηλεκτρική ισχύ που προσφέρει η πηγή σε ολόκληρο το κύκλωμα και την θερμική ισχύ που δαπανάται στο εσωτερικό της πηγής.

Δίνεται η σταθερά του μαγνητισμού $K_\mu = 10^{-7}\ N/A^2$, $π^2 = 10$ και $\sqrt{41} = 6,4$.

1.Δ.19 Αντιστάτης αποτελείται από σύρμα κονσταντάνης, διαμέτρου $δ = 1\ mm$ και μήκους $\ell = 16 \cdot π\ m$. Η ειδική αντίσταση της κονσταντάνης είναι $ρ = 50 \cdot 10^{-8}\ \Omega \cdot m$.

1. Να υπολογίσετε την τιμή της αντίστασης του αντιστάτη, αν η αντίσταση δίνεται από τη σχέση $R = ρ \cdot \frac{\ell}{S}$, όπου ρ είναι η ειδική αντίσταση, ℓ το μήκος του σύρματος, S το εμβαδό διατομής του σύρματος.

Το σύρμα του ερωτήματος (1) περιελίσσεται σε σπείρωμα γύρω από σωλήνα από μονωτική ύλη που έχει εξωτερική διάμετρο Δ = 4 cm. Η μόνωση του σύρματος έχει αμελητέο πάχος, ώστε σε κάθε 1 mm μήκους του σωλήνα να αντιστοιχεί μία σπείρα.

2. Να υπολογίσετε τον αριθμό των σπειρών, καθώς και το μήκος του σωληνοειδούς που Κατασκευάστηκε.

Το σωληνοειδές συνδέεται σε σειρά με αντιστάτη $R_1 = 16\ \Omega$ και το δίπολο που προκύπτει συνδέεται με τους πόλους ηλεκτρικής πηγής η οποία έχει στοιχεία ταυτότητας $E = 50\ V$ και $r = 2\ \Omega$. Να υπολογίσετε τα ακόλουθα:

3. Την ολική αντίσταση του κυκλώματος.
4. Την ένταση του ρεύματος που διαρρέει το σωληνοειδές.
5. Την ένταση του μαγνητικού πεδίου στο εσωτερικό του σωληνοειδούς.

Τέλος ο σωλήνας του μονωτικού υλικού αντικαθίσταται από κύλινδρο από χυτοσίδηρο της ίδιας διαμέτρου και μαγνητικής διαπερατότητας μ = 100.

6. Να υπολογίσετε την τιμή της έντασης του μαγνητικού πεδίου στον πυρήνα από χυτοσίδηρο.

Δίνεται η σταθερά του μαγνητισμού $K_\mu = 10^{-7}\ N/A^2$.

1.Δ.20 Σωληνοειδές έχει Ν = 500 σπείρες και μήκος $\ell = 60\ cm$, ενώ η αντίστασή του είναι $R_\Sigma = 4\ \Omega$. Δύο αντιστάτες $R_1 = 60\ \Omega$ και $R_2 = 20\ \Omega$ συνδέονται παράλληλα με αντιστάτη R_3, για να σχηματίσουν αντιστάτη με ισοδύναμη αντίσταση $R = 6\ \Omega$.

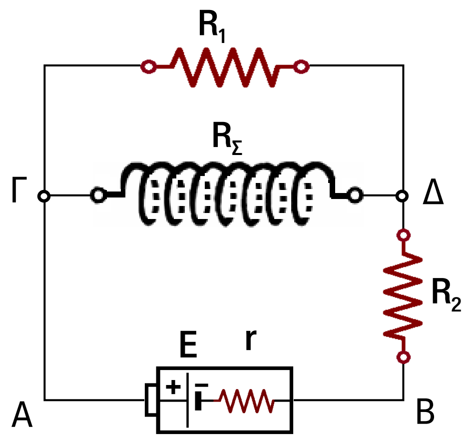
1. Να υπολογίσετε την τιμή της αντίστασης R_3.

Το σωληνοειδές Σ συνδέεται σε σειρά με το σύστημα των τριών αντιστατών R_1, R_2, και R_3, του ερωτήματος (1) και το δίπολο που προκύπτει συνδέεται με τους πόλους πηγής, η οποία έχει Η.Ε.Δ. Ε = 72 V και εσωτερική αντίσταση r = 2 Ω. Να υπολογίσετε τα ακόλουθα:

2. Την ολική αντίσταση του κυκλώματος.
3. Την ένταση του ρεύματος που διαρρέει την πηγή.
4. Την ένταση του ρεύματος που διαρρέει το σωληνοειδές και καθέναν από τους αντιστάτες R_1, R_2, και R_3.
5. Το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου στο εσωτερικό του σωληνοειδούς.
6. Την ενέργεια που μεταβιβάζεται στο σύστημα των αντιστατών R_1, R_2, και R_3 σε χρόνο $t = 100\ s$.

Δίνεται η σταθερά του μαγνητισμού $K_\mu = 10^{-7}\ N/A^2$.

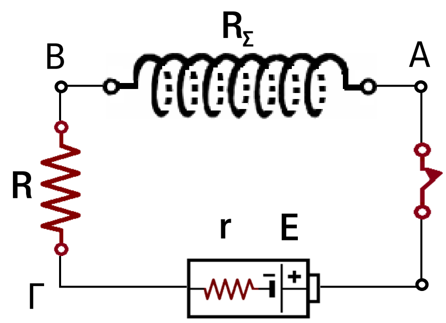
1.Δ.21 Δίνεται το κύκλωμα του παρακάτω σχήματος , όπου αντιστάτης R_1 , έχει αντίσταση $R_1 = 60\ \Omega$ και το σωληνοειδές έχει αντίσταση $R_\Sigma = 20\ \Omega$, μήκος $\ell = 1$ m και $N = 1000$ σπείρες. Το κύκλωμα περιλαμβάνει επίσης τον αντιστάτη R_2 ,με αντίσταση $R_2 = 10\ \Omega$ και πηγή με ηλεκτρεγερτική δύναμη $E = 120$ V και εσωτερική αντίσταση $r = 5\ \Omega$.



Να υπολογίσετε τα ακόλουθα:
1. Την ισοδύναμη αντίσταση του τμήματος ΑΒ του εξωτερικού κυκλώματος.
2. Την ένταση του ρεύματος που διαρρέει την πηγή.
3. Την ισχύ που καταναλώνεται στον αντιστάτη R_1.
4. Το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου στο εσωτερικό του σωληνοειδούς.

Δίνεται η σταθερά του μαγνητισμού $K_\mu = 10^{-7}\ N/A^2$.

1.Δ.22 Το κύκλωμα του παρακάτω σχήματος αποτελείται από πηγή με ηλεκτρεγερτική δύναμη $E = 20$ V και εσωτερική αντίσταση $r = 2\ \Omega$, αντιστάτη με αντίσταση $R = 4\ \Omega$ και σωληνοειδές που έχει μήκος $\ell = 0{,}2$ m και $N = 1000$ σπείρες. Η ένταση του μαγνητικού πεδίου στο κέντρο του σωληνοειδούς είναι $B = 4\pi \cdot 10^{-3}$ T. Να υπολογίσετε τα ακόλουθα:



1. Την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα.
2. Την αντίσταση του σωληνοειδούς R_Σ.
3. Την ισχύ που καταναλώνεται στον αντιστάτη R.

Κόβουμε το σωληνοειδές στη μέση (500 σπείρες) και τοποθετούμε το ένα κομμάτι στη θέση του αρχικού.

4. Να υπολογίσετε την ένταση του μαγνητικού πεδίου στο κέντρο του σωληνοειδούς του νέου κυκλώματος.

Δίνεται η σταθερά του μαγνητισμού $K_\mu = 10^{-7}\ N/A^2$.

Συνδυασμός ευθύγραμμου – κυκλικού ρευματοφόρου αγωγού και σωληνοειδούς

1.Δ.23 Διαθέτετε χάλκινο σύρμα μήκους $\ell = \pi$ m και αντίστασης ανά μονάδα μήκους $R^* = 0{,}02\ \Omega$/cm.
1. Να υπολογίσετε τον αριθμό των σπειρών N , ενός κυκλικού πλαισίου , που κατασκευάζουμε με αυτό το σύρμα , αν έχει ακτίνα κάθε σπείρας ίση με $\alpha = 5$ cm.

Στη συνέχεια συνδέουμε τα άκρα του κυκλικού πλαισίου με ηλεκτρική πηγή που έχει Η.Ε.Δ. $E = 100$ V και εσωτερική αντίσταση $r = 3{,}72\ \Omega$, χρησιμοποιώντας σύρμα αμελητέας αντίστασης, παρεμβάλλοντας αμπερόμετρο αμελητέας αντίστασης και διακόπτη.
Να υπολογίσετε αν κλείσουμε το διακόπτη.

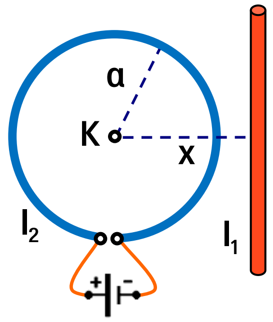
2. Την ένδειξη του αμπερομέτρου.
3. Την ένταση του μαγνητικού πεδίου στο κέντρο του κυκλικού πλαισίου.

Τοποθετούμε έναν ευθύγραμμο αγωγό μεγάλου μήκους, καλυμμένο με μονωτικό υλικό, πάνω στο επίπεδο του κυκλικού πλαισίου έτσι ώστε να εφάπτεται σε κάποιο σημείο του.
Αν διαβιβάσουμε ρεύμα έντασης $I_2 = 2$ A στον ευθύγραμμο αγωγό , να υπολογίσετε:

4. Την ένταση του μαγνητικού πεδίου στο κέντρο του κυκλικού αγωγού.
5. Την τιμή της έντασης του μαγνητικού πεδίου αν αλλάξουμε τη φορά του ρεύματος στον ευθύγραμμο αγωγό.
6. Την τιμή της έντασης του ρεύματος στον ευθύγραμμο αγωγό, ώστε στο κέντρο του κυκλικού πλαισίου η ένταση του μαγνητικού πεδίου να είναι ίση με μηδέν.

Δίνεται η σταθερά του μαγνητισμού $K_\mu = 10^{-7}\ N/A^2$.

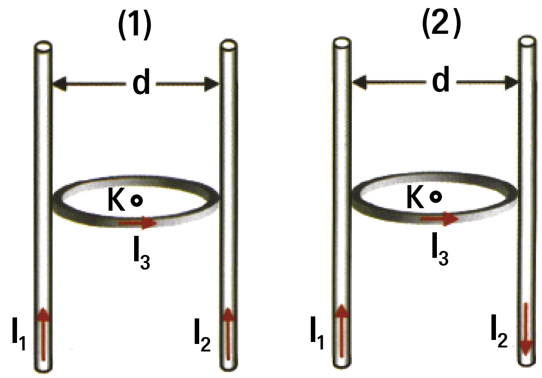
1.Δ.24 Στα άκρα κυκλικού αγωγού ακτίνας $\alpha = 1$ m συνδέουμε ηλεκτρική πηγή με Η.Ε.Δ. $E = 20$ V και $r = 2\ \Omega$, ενώ ο κυκλικός αγωγός έχει αντίσταση ανά μονάδα μήκους $R^* = 1/\pi\ \Omega/m$. Να υπολογίσετε τα ακόλουθα:



1. Την ένταση του μαγνητικού πεδίου στο κέντρο Κ του αγωγού.
2. Την απόσταση που πρέπει να τοποθετήσετε από το κέντρο του κυκλικού αγωγού και τον προσανατολισμό του, έναν ευθύγραμμο αγωγό μεγάλου μήκους, που διαρρέεται από ρεύμα έντασης $I_1 = 10$ A, ώστε η ένταση του μαγνητικού πεδίου στο κέντρο του κυκλικού αγωγού να είναι μηδέν.
3. Το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου στο κέντρο Κ του κυκλικού αγωγού, αν τοποθετήσετε τον ίδιο ευθύγραμμο αγωγό κάθετα στο επίπεδο του κυκλικού αγωγού και σε απόσταση $\alpha = 1$ m από το κέντρο του Κ.

Δίνεται η σταθερά του μαγνητισμού $K_\mu = 10^{-7}\ N/A^2$.

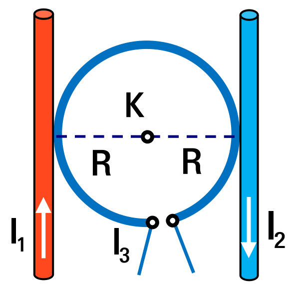
1.Δ.25 Δύο παράλληλοι κατακόρυφοι αγωγοί μεγάλου μήκους διαρρέονται από ρεύματα με εντάσεις $I_1 = I_2 = 15$ A και βρίσκονται σε απόσταση $d = 30$ cm. Ένας κυκλικός αγωγός είναι οριζόντιος, εφάπτεται στους δύο αγωγούς και διαρρέεται από ρεύμα έντασης $I_3 = 30/\pi$ A.



1. Να υπολογιστεί το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου που δημιουργείται στο κέντρο του κυκλικού αγωγού αν τα ρεύματα τους δύο κατακόρυφους αγωγούς είναι ομόρροπα (περίπτωση 1).
2. Να υπολογιστεί το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου που δημιουργείται στο κέντρο του κυκλικού αγωγού αν τα ρεύματα τους δύο κατακόρυφους αγωγούς είναι αντίρροπα (περίπτωση 2).

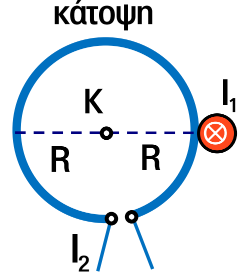
Δίνεται η σταθερά του μαγνητισμού $K_\mu = 10^{-7}\ N/A^2$.

1.Δ.26 Δύο παράλληλοι ευθύγραμμοι αγωγοί μεγάλου μήκους διαρρέονται από αντίρροπα ρεύματα, $I_1 = 4$ A και $I_2 = 2{,}28$ A. Οι δύο αυτοί αγωγοί εφάπτονται σε δύο αντιδιαμετρικά σημεία ενός κυκλικού αγωγού που διαρρέεται από ρεύμα έντασης I_3. Επίσης οι τρεις αυτοί αγωγοί βρίσκονται στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο.



1. Να υπολογίσετε την ένταση του ρεύματος I_3 που πρέπει να διαρρέει τον κυκλικό αγωγό, ώστε η συνολική ένταση του του μαγνητικού πεδίου στο κέντρο Κ του κυκλικού αγωγού να είναι ίση με μηδέν.
2. Να υπολογίσετε την ένταση του ρεύματος I_3 που πρέπει να διαρρέει τον κυκλικό αγωγό, ώστε η συνολική ένταση του του μαγνητικού πεδίου στο κέντρο Κ του κυκλικού αγωγού να έχει μέτρο ίσο με αυτό που προκαλούν στο Κ οι δύο ευθύγραμμοι αγωγοί.

1.Δ.27 Ευθύγραμμος ρευματοφόρος αγωγός μεγάλου μήκους εφάπτεται σε κυκλικό αγωγό ακτίνας $R = 5$ cm, ο οποίος είναι κάθετος στο επίπεδο του κυκλικού αγωγού. Οι δύο αγωγοί διαρρέονται από ρεύμα ίσης έντασης $I_1 = I_2 = 5$ A



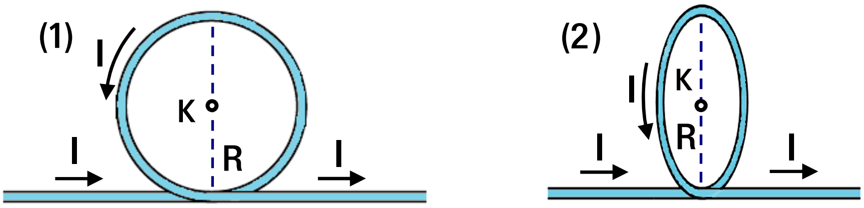
1. Να υπολογίσετε την τιμή της συνολικής έντασης του μαγνητικού πεδίου στο κέντρο Κ του κυκλικού αγωγού.

Τοποθετούμε τον ευθύγραμμο αγωγό πάνω στο επίπεδο του κυκλικού αγωγού, ώστε να εφάπτεται σε αυτόν και να διαρρέεται από το ίδιο ρεύμα I_1, ομόρροπο με αυτό του κυκλικού αγωγού όπως το βρήκαμε από το ερώτημα 1.

2. Να υπολογίσετε την τιμή της συνολικής έντασης του μαγνητικού πεδίου στο κέντρο Κ του κυκλικού αγωγού.

Δίνεται η σταθερά του μαγνητισμού $K_\mu = 10^{-7}\ N/A^2$.

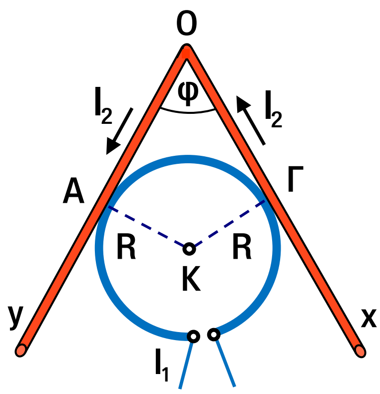
1.Δ.28 Ένας ευθύγραμμος ρευματοφόρος αγωγός μεγάλου μήκους , διαρρέεται από ρεύμα έντασης $I = 10$ A , κάμπτεται και σχηματίζει έναν κυκλικό δακτύλιο ακτίνας , $r = 10$ cm.



Να υπολογίσετε το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου στο κέντρο του κύκλου, όταν:
1. Ο ευθύγραμμος και ο κυκλικός αγωγός βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο (περίπτωση 1).
2. Ο κυκλικός αγωγός στραφεί έτσι , ώστε το επίπεδο του κύκλου να γίνει κάθετο στον ευθύγραμμο αγωγό (περίπτωση 2).

Δίνεται η σταθερά του μαγνητισμού $K_\mu = 10^{-7}$ N/A^2.

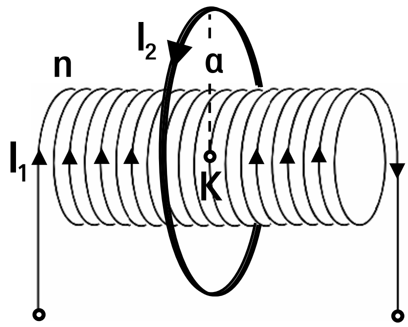
1.Δ.29 Κυκλικός αγωγός ακτίνας R διαρρέεται από ρεύμα με ένταση $I_1 = 20$ A. Ένα ευθύγραμμο σύρμα μεγάλου μήκους , που διαρρέεται από ρεύμα έντασης I_2, το κάμπτουμε έτσι, ώστε να σχηματίζει , γωνία $\varphi = 60^0$ και να εφάπτεται στον κυκλικό αγωγό, σε απόσταση $(ΟΑ) = \sqrt{3}\cdot\pi$ cm.



1. Να υπολογίσετε τη φορά της έντασης του ρεύματος I_1, και την τιμή της έντασης του ρεύματος I_2, ώστε η συνολική ένταση του μαγνητικού πεδίου στο κέντρο Κ του κυκλικού αγωγού να είναι ίση με μηδέν.
2. Να υπολογίσετε τη συνολική ένταση του μαγνητικού πεδίου στο κέντρο του κυκλικού αγωγού , αν αντιστραφεί η φορά της έντασης του ρεύματος στον κυκλικό αγωγό.

Δίνεται η σταθερά του μαγνητισμού $K_\mu = 10^{-7}$ N/A^2.

1.Δ.30 Ο κυκλικός αγωγός του σχήματος έχει ακτίνα $\alpha = 0{,}1\pi$ m, διαρρέεται από ρεύμα έντασης $I_2 = 100$ A με τη φορά που σημειώνεται στο σχήμα και το επίπεδό του είναι κάθετο στον άξονα του σωληνοειδούς, ο οποίος διέρχεται από το κέντρο του. Το επίπεδο του κυκλικού αγωγού χωρίζει νοερά το σωληνοειδές σε δύο ίσα τμήματα. Το σωληνοειδές έχει πυκνότητα σπειρών $n = 40/\pi$ σπείρες/cm και διαρρέεται από ρεύμα έντασης $I_1 = 10$ A.



1. Να υπολογίσετε την ένταση του μαγνητικού πεδίου Β στο κέντρο του σωληνοειδούς.
2. Να υπολογίσετε την ένταση του μαγνητικού πεδίου Β στο κέντρο του σωληνοειδούς, αν αντιστραφεί η φορά της έντασης του ρεύματος στον κυκλικό αγωγό.
3. Να υπολογίσετε την ακτίνα του κυκλικού αγωγού , ώστε η συνολική ένταση του μαγνητικού πεδίου στο κέντρο Κ του σωληνοειδούς να είναι μηδέν.

Απομακρύνουμε τον κυκλικό αγωγό και τοποθετούμε ένα ευθύγραμμο αγωγό μεγάλου μήκους που διαρρέεται από ρεύμα $I_3 = 100\cdot\pi$ A και τέμνει κάθετα τον άξονα σωληνοειδούς και σε απόσταση $d = 1$ cm από το δεξί άκρο του σωληνοειδούς.

4. Να υπολογίσετε την ένταση του συνολικού μαγνητικού πεδίου στο δεξί άκρο του σωληνοειδούς.

Δίνεται η σταθερά του μαγνητισμού $K_\mu = 10^{-7}$ N/A^2.

2. Ερωτήσεις - Ασκήσεις στη δύναμη Laplace

A Θέμα

Στις ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής που ακολουθούν να σημειώσετε τη σωστή απάντηση.

2.Α.1 Δύναμη Laplace ονομάζεται η δύναμη που ασκεί:
Α. μαγνητικό πεδίο σε ρευματοφόρο αγωγό. Β. ηλεκτρικό πεδίο σε ρευματοφόρο αγωγό.
Γ. ηλεκτρικό πεδίο σε κινούμενο φορτίο. Δ. ηλεκτρικό πεδίο σε μαγνητικό πεδίο.

2.Α.2 Δεν ασκείται δύναμη Laplace σε ευθύγραμμο ρευματοφόρο αγωγό ο οποίος:
Α. είναι κάθετος στις δυναμικές γραμμές ομογενούς μαγνητικού πεδίου.
Β. σχηματίζει οξεία γωνία με τις δυναμικές γραμμές ομογενούς μαγνητικού πεδίου.
Γ. είναι παράλληλος προς τις δυναμικές γραμμές ομογενούς μαγνητικού πεδίου.
Δ. διαρρέεται από ρεύμα μικρής έντασης.

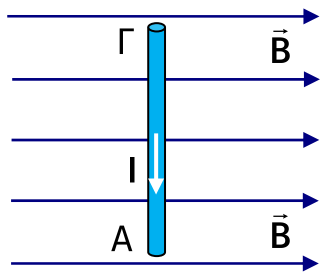
2.Α.3 Το μέτρο της δύναμης Laplace , που ασκεί ομογενές μαγνητικό πεδίο σε ευθύγραμμο αγωγό που διαρρέεται από ρεύμα , δεν εξαρτάται από:
Α. την ένταση του μαγνητικού πεδίου.
Β. το μήκος του αγωγού που βρίσκεται μέσα στο μαγνητικό πεδίο.
Γ. την ένταση του ρεύματος που τον διαρρέει.
Δ. το υλικό από το οποίο είναι κατασκευασμένος ο αγωγός.

2.Α.4 Ευθύγραμμος αγωγός μήκους ℓ διαρρέεται από ρεύμα έντασης I και βρίσκεται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης B. Αν η κατεύθυνση του ρεύματος σχηματίζει με την κατεύθυνση του B γωνία φ , το μέτρο της μαγνητικής δύναμης Laplace που ασκείται στον αγωγό είναι:
Α. $F_L = B^2 \cdot I \cdot \ell \cdot ημφ$ Β. $F_L = B \cdot I \cdot \ell \cdot συνφ$
Γ. $F_L = B \cdot I \cdot \ell$ Δ. $F_L = B \cdot I \cdot \ell \cdot ημφ$

2.Α.5 Ευθύγραμμος ρευματοφόρος αγωγός βρίσκεται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο. Η δύναμη Laplace που ασκείται στον αγωγό:
Α. έχει την κατεύθυνση των δυναμικών γραμμών του πεδίου.
Β. έχει τη διεύθυνση του αγωγού.
Γ. σχηματίζει οξεία γωνία με την κατεύθυνση των δυναμικών γραμμών του πεδίου.
Δ. είναι κάθετη στη διεύθυνση του αγωγού και στη διεύθυνση των μαγνητικών γραμμών του πεδίου.

2.Α.6 Ευθύγραμμος ρευματοφόρος αγωγός βρίσκεται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο και δέχεται δύναμη Laplace F_L. Αν αντιστρέψουμε τη φορά της έντασης B του πεδίου καθώς και τη φορά του ρεύματος που διαρρέει τον αγωγό τότε
Α. η κατεύθυνση της F_L δεν θα αλλάξει.
Β. η κατεύθυνση της F_L θα αντιστραφεί.
Γ. η F_L θα μηδενιστεί.
Δ. η κατεύθυνση της F_L θα σχηματίσει γωνία 90^0 με την αρχική της κατεύθυνση.

2.Α.7 Ο ρευματοφόρος αγωγός ΑΓ και οι μαγνητικές δυναμικές γραμμές του σχήματος βρίσκονται στο επίπεδο της σελίδας. Αν το ρεύμα έχει τη φορά που φαίνεται στο διπλανό σχήμα, τότε η μαγνητική δύναμη που δέχεται ο αγωγός είναι:



Α. πάνω στο επίπεδο της σελίδας και κάθετη στον αγωγό.
Β. κάθετη στη σελίδα, με φορά προς τα έξω (προς τον αναγνώστη).
Γ. κάθετη στη σελίδα και, με φορά προς τα μέσα.
Δ. αδύνατον να προσδιορισθεί, διότι δεν δίνονται επαρκή στοιχεία.

2.Α.8 Να σημειώσετε ποιες από τις ακόλουθες προτάσεις είναι **Σ**ωστές και ποιες **Λ**ανθασμένες. Ευθύγραμμος ρευματοφόρος αγωγός βρίσκεται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο. Τότε η κατεύθυνση της δύναμης Laplace που ασκείται πάνω του:
Α. είναι ανεξάρτητη από την ένταση του μαγνητικού πεδίου.
Β. είναι κάθετη στον αγωγό και την ένταση Β του μαγνητικού πεδίου.
Γ. προκύπτει από τον κανόνα του Lenz.
Δ. έχει την κατεύθυνση του αντίχειρα του δεξιού χεριού, όταν ο δείκτης δίνει τη φορά της έντασης του πεδίου και ο μέσος τη φορά του ρεύματος.
Ε. έχει την κατεύθυνση του μέσου του δεξιού χεριού, όταν ο αντίχειρας δίνει τη φορά του ρεύματος και ο δείκτης τη φορά της έντασης του πεδίου.

2.Α.9 Όταν ένα ευθύγραμμο σύρμα βρίσκεται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο, τότε:
Α. Δέχεται δύναμη Laplace.
Β. Όταν διαρρέεται από ρεύμα και δεν είναι παράλληλο στις δυναμικές γραμμές, θα δεχτεί δύναμη Laplace.
Γ. Η δύναμη Laplace υπάρχει ανεξάρτητα από την παρουσία ή την απουσία ρεύματος στον αγωγό.
Δ. Τίποτα από τα παραπάνω.

2.Α.10 Ευθύγραμμος ρευματοφόρος αγωγός είναι παράλληλος στις δυναμικές γραμμές ομογενούς μαγνητικού πεδίου. Τότε η δύναμη Laplace είναι:
Α. $F_L = B \cdot I \cdot \ell$ Β. Μηδέν Γ. Μέγιστη Δ. Τίποτα από τα παραπάνω

2.Α.11 Ευθύγραμμος ρευματοφόρος αγωγός είναι κάθετος στις μαγνητικές γραμμές ενός ομογενούς μαγνητικού πεδίου. Τότε η δύναμη Laplace είναι:
Α. $F_L = 0{,}5 \cdot B \cdot I \cdot \ell$ Β. Μηδέν Γ. Μέγιστη Δ. Τίποτα από τα παραπάνω

2.Α.12 Ένας ευθύγραμμος ρευματοφόρος αγωγός είναι τοποθετημένος κάθετα στις μαγνητικές γραμμές ομογενούς μαγνητικού πεδίου. Αν αλλάξει η φορά του ρεύματος, τότε:
Α. Η κατεύθυνση της $\vec{F}_L$ δεν θα αλλάξει.
Β. Η κατεύθυνση της $\vec{F}_L$ θα γίνει κάθετη στην προηγούμενη.
Γ. Η κατεύθυνση της $\vec{F}_L$ θα είναι αντίθετη από την προηγούμενη.
Δ. Τίποτα από τα παραπάνω.

2.Α.13 Ένας ευθύγραμμος ρευματοφόρος αγωγός βρίσκεται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο. Αν αντιστρέψουμε ταυτόχρονα τη φορά του ρεύματος και τη φορά της έντασης του μαγνητικού πεδίου:
Α. Η κατεύθυνση της $\vec{F}_L$ δεν θα αλλάξει. Β. Η κατεύθυνση της $\vec{F}_L$ θα είναι αντίθετη.
Γ. Η $\vec{F}_L$ μηδενίζεται. Δ. Τίποτα από τα παραπάνω.

2.Α.14 Ένας οριζόντιος ευθύγραμμος ρευματοφόρος αγωγός βρίσκεται μέσα σε κατακόρυφο ομογενές μαγνητικό πεδίο. Τότε η $\vec{F}_L$ είναι:

Α. Κατακόρυφη. Β. Οριζόντια.
Γ. Μηδέν. Δ. Τίποτα από τα παραπάνω.

2.Α.15 Ένας κατακόρυφος ευθύγραμμος ρευματοφόρος αγωγός βρίσκεται μέσα σε οριζόντιο ομογενές μαγνητικό πεδίο. Τότε η $\vec{F}_L$ είναι:

Α. Κατακόρυφη. Β. Οριζόντια.
Γ. Μηδέν. Δ. Τίποτα από τα παραπάνω.

2.Α.16 Ένας οριζόντιος ευθύγραμμος ρευματοφόρος αγωγός βρίσκεται μέσα σε οριζόντιο ομογενές μαγνητικό πεδίο και σχηματίζει γωνία φ με τις δυναμικές γραμμές. Τότε η $\vec{F}_L$ είναι:

Α. Κατακόρυφη. Β. Οριζόντια.
Γ. Μηδέν. Δ. Τίποτα από τα παραπάνω.

2.Α.17 Το μέτρο της δύναμης Laplace που ασκείται σε ευθύγραμμο ρευματοφόρο αγωγό ο οποίος βρίσκεται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο:

Α. Είναι ανάλογο του τετραγώνου της έντασης του ρεύματος.
Β. Είναι αντιστρόφως ανάλογο του μήκους του αγωγού.
Γ. Εξαρτάται από τη γωνία που σχηματίζει ο αγωγός με τις μαγνητικές γραμμές.
Δ. Είναι ανεξάρτητο από την ένταση του ομογενούς μαγνητικού πεδίου.

2.Α.18 Να σημειώσετε ποιες από τις ακόλουθες προτάσεις είναι **Σ**ωστές και ποιες **Λ**ανθασμένες. Ευθύγραμμος ρευματοφόρος αγωγός βρίσκεται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο και δέχεται δύναμη Laplace. Τότε η δύναμη αυτή:

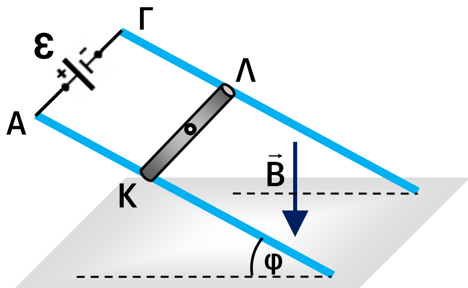
Α. Είναι πάντοτε κάθετη στον αγωγό.
Β. Είναι παράλληλη στις δυναμικές γραμμές.
Γ. Είναι παράλληλη στον αγωγό.
Δ. Είναι πάντοτε κάθετη στην ένταση Β του μαγνητικού πεδίου.
Ε. Είναι κάθετη στο επίπεδο που ορίζουν ο αγωγός και το διάνυσμα Β.

2.Α.19 Να σημειώσετε ποιες από τις ακόλουθες προτάσεις είναι **Σ**ωστές και ποιες **Λ**ανθασμένες. Για τη δύναμη Laplace που δέχεται ρευματοφόρος αγωγός εντός ομογενούς μαγνητικού πεδίου ισχύουν:

Α. Είναι μέγιστη, όταν ο αγωγός είναι παράλληλος στις δυναμικές γραμμές.
Β. Όταν ο αγωγός σχηματίζει γωνία φ με τις δυναμικές γραμμές, η $\vec{F}_L$ είναι κάθετη στον αγωγό.
Γ. Η $\vec{F}_L$ είναι πάντοτε κάθετη στο επίπεδο που ορίζουν οι δυναμικές γραμμές και ο αγωγός.
Δ. Η $\vec{F}_L$ έχει την κατεύθυνση της έντασης Β του μαγνητικού πεδίου.
Ε. Το μέτρο της $\vec{F}_L$ είναι $F_L = B \cdot I \cdot \ell \cdot ημφ$, όπου φ είναι η γωνία που σχηματίζει ο αγωγός με τις μαγνητικές γραμμές.

2.Α.20 Στο διπλανό σχήμα η δύναμη Laplace που δέχεται ο αγωγός είναι:

Α. Κατακόρυφη και κάθετη στον αγωγό.
Β. Οριζόντια και κάθετη στον αγωγό.
Γ. Παράλληλη στο κεκλιμένο και κάθετη στον αγωγό.
Δ. Σε μέτρο ίσο με $F_L = B \cdot I \cdot \ell \cdot ημφ$.



2.Α.21 Οριζόντιος ρευματοφόρος αγωγός βρίσκεται μέσα σε οριζόντιο ομογενές μαγνητικό πεδίο και σχηματίζει με τις δυναμικές γραμμές του πεδίου γωνία φ. Τότε η $\vec{F}_L$:

Α. Είναι οριζόντια. Β. Είναι κατακόρυφη.

Γ. Είναι παράλληλη στο Β. Δ. Έχει μέτρο ίσο με $F_L = B \cdot I \cdot \ell$.

2.Α.22 Να σημειώσετε ποιες από τις ακόλουθες προτάσεις είναι **Σ**ωστές και ποιες **Λ**ανθασμένες. Το μέτρο της δύναμης Laplace την οποία δέχεται ευθύγραμμος ρευματοφόρος αγωγός από ομογενές μαγνητικό πεδίο, είναι:

Α. Είναι ανάλογο του μήκους ℓ του αγωγού.

Β. Είναι αντιστρόφως ανάλογο του μήκους ℓ του αγωγού.

Γ. Είναι ανάλογο της έντασης Ι του ρεύματος που διαρρέει τον αγωγό.

Δ. Είναι ανάλογο του τετραγώνου του μέτρου της έντασης Β του μαγνητικού πεδίου.

Ε. Εξαρτάται από τη γωνία φ που σχηματίζει ο αγωγός με τις δυναμικές γραμμές του πεδίου.

2.Α.23 Να σημειώσετε ποιες από τις ακόλουθες προτάσεις είναι **Σ**ωστές και ποιες **Λ**ανθασμένες. Για έναν ευθύγραμμο ρευματοφόρο αγωγό που βρίσκεται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο:

Α. Όταν ο ρευματοφόρος αγωγός είναι κατακόρυφος και το μαγνητικό πεδίο οριζόντιο, τότε η δύναμη Laplace έχει διεύθυνση οριζόντια.

Β. Όταν ο ρευματοφόρος αγωγός είναι οριζόντιος και σχηματίζει γωνία φ με το επίσης οριζόντιο μαγνητικό πεδίο, τότε η διεύθυνση της δύναμης Laplace είναι κατακόρυφη.

Γ. Όταν ο ρευματοφόρος αγωγός είναι οριζόντιος και το μαγνητικό πεδίο κατακόρυφο, τότε η διεύθυνση της δύναμης Laplace είναι οριζόντια.

Δ. Όταν ο ρευματοφόρος αγωγός είναι οριζόντιος και το μαγνητικό πεδίο οριζόντιο, τότε η δύναμη Laplace έχει διεύθυνση κατακόρυφη.

Ε. Όταν ο ρευματοφόρος αγωγός είναι οριζόντιος και το μαγνητικό πεδίο οριζόντιο, τότε η δύναμη Laplace μηδενίζεται.

2.Α.24 Για τη μονάδα 1 Tesla μπορούμε να ισχυριστούμε τα ακόλουθα:

Α. Είναι η μονάδα μέτρησης της έντασης (ή μαγνητικής επαγωγής) του μαγνητικού πεδίου.

Β. Είναι η μονάδα μέτρησης της έντασης (ή μαγνητικής επαγωγής) του ομογενούς μαγνητικού πεδίου.

Γ. Είναι ίσο με $1T = 1\dfrac{N}{A \cdot m^2}$.

Δ. Ένα Tesla είναι η μαγνητική επαγωγή του ομογενούς μαγνητικού πεδίου το οποίο ασκεί δύναμη 1 N πάνω σε ευθύγραμμο αγωγό, που έχει μήκος 1 m, όταν διαρρέεται από ρεύμα έντασης 1 A.

2.Α.25 Να σημειώσετε ποιες από τις ακόλουθες προτάσεις είναι **Σ**ωστές και ποιες **Λ**ανθασμένες.

Α. Η διεύθυνση των μαγνητικών γραμμών ομογενούς μαγνητικού πεδίου συμπίπτει με τη διεύθυνση ευθύγραμμου ρευματοφόρου αγωγού που δεν δέχεται δύναμη από το μαγνητικό πεδίο.

Β. Η διεύθυνση της έντασης Β ομογενούς μαγνητικού πεδίου συμπίπτει με τη διεύθυνση της δύναμης Laplace που ασκεί το μαγνητικό πεδίο σε ευθύγραμμο ρευματοφόρο αγωγό.

Γ. Το μέτρο της έντασης Β ομογενούς μαγνητικού πεδίου δίνεται από τη σχέση $B = F_L / (I \cdot \ell)$ μόνο στην περίπτωση όπου ο ευθύγραμμος ρευματοφόρος αγωγός ο οποίος δέχεται τη δύναμη Laplace είναι κάθετος στις μαγνητικές γραμμές του πεδίου.

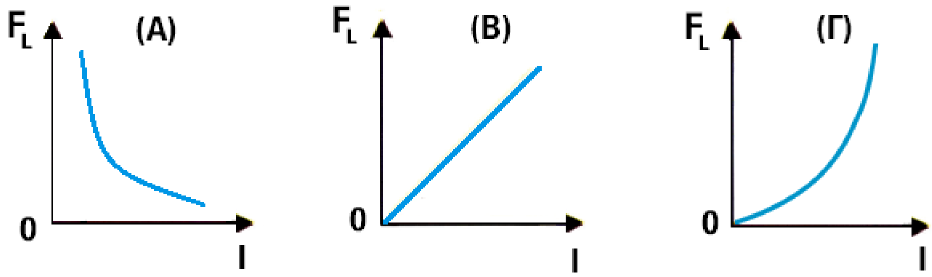
Δ. Όταν ένας ευθύγραμμος ρευματοφόρος αγωγός σχηματίζει γωνία φ με τις μαγνητικές γραμμές ομογενούς μαγνητικού πεδίου και δέχεται δύναμη Laplace από το πεδίο, τότε το μέτρο της έντασης Β του μαγνητικού πεδίου δίνεται από τη σχέση $B = F_L / (I \cdot \ell)$ ανεξάρτητα της γωνίας φ.

Β Θέμα

Στις ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής που ακολουθούν να σημειώσετε τη σωστή απάντηση αφού δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

Μαγνητική δύναμη Laplace

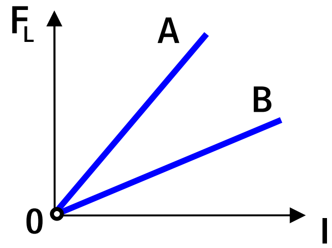
2.Β.1 Το μέτρο της μαγνητικής δύναμης Laplace που δέχεται ένας ευθύγραμμος ρευματοφόρος αγωγός εντός ομογενούς μαγνητικού πεδίου συναρτήσει της έντασης I του ρεύματος που τον διαρρέει, περιγράφεται από το διάγραμμα:



Α. Διάγραμμα (Α) Β. Διάγραμμα (Β) Γ. Διάγραμμα (Γ)

Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

2.Β.2 Δύο ευθύγραμμοι ρευματοφόροι αγωγοί βρίσκονται μέσα στο ίδιο ομογενές μαγνητικό πεδίο κάθετα στις μαγνητικές γραμμές του πεδίου. Το μέτρο της δύναμης Laplace μεταβάλλεται όπως φαίνεται στο διπλανό διάγραμμα.



Για τα μήκη ℓ_A και ℓ_B των δύο ρευματοφόρων αγωγών ισχύει:

Α. $\ell_A > \ell_B$ Β. $\ell_A < \ell_B$ Γ. $\ell_A = \ell_B$

Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

2.Β.3 Ένας ευθύγραμμος αγωγός έχει μήκος ℓ, διαρρέεται από ρεύμα έντασης I, είναι οριζόντιος και βρίσκεται μέσα σε κατακόρυφο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης B. Στη συνέχεια ο αγωγός κάμπτεται στη μέση του, μέχρι να σχηματίσει ορθή γωνία, εξακολουθεί όμως να είναι οριζόντιος και να διαρρέεται από το ίδιο ρεύμα.

Αν $\vec{F}_1$ είναι η δύναμη Laplace που αναπτύσσεται στον αγωγό στην πρώτη περίπτωση και $\vec{F}_2$ η δύναμη Laplace που αναπτύσσεται στον αγωγό στη δεύτερη περίπτωση, τότε ισχύει ότι:

Α. $\vec{F}_2 = 2\cdot\vec{F}_1$ Β. $\vec{F}_2 = \vec{F}_1$ Γ. $\vec{F}_2 = \frac{\sqrt{2}}{2}\cdot\vec{F}_1$

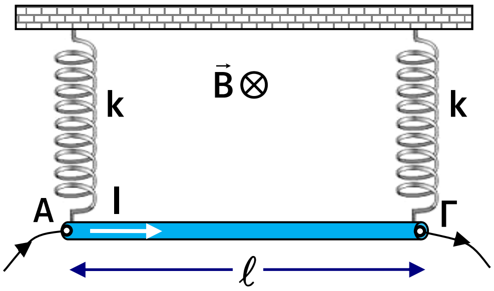
Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

2.Β.4 Αγωγός μήκους $\ell = 40$ cm τοποθετείται κάθετα στις μαγνητικές γραμμές ομογενούς μαγνητικού πεδίου εντάσεως $B = 0,1$ T. Όταν ο αγωγός διαρρέεται από ρεύμα έντασης $I = 10$ A μετατοπίζεται με σταθερή επιτάχυνση $\alpha = 2$ m/s^2. Το έργο της δύναμης Laplace για μετατόπιση του αγωγού που γίνεται σε χρόνο t, είναι:

Α. $W = \frac{1}{2}\cdot B\cdot I\cdot\ell\cdot\alpha\cdot t^2$ Β. $W = \frac{1}{2}\cdot B\cdot I\cdot\ell\cdot\alpha\cdot t$ Γ. $W = B\cdot I\cdot\ell\cdot\alpha\cdot t$

Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

2.Β.5 Μεταλλικός ευθύγραμμος αγωγός ΑΓ μάζας m και μήκους ℓ κρέμεται από δυο κατακόρυφα ελατήρια σταθεράς k όπως φαίνεται στο σχήμα. Ο αγωγός βρίσκεται μέσα σε οριζόντιο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης Β και διαρρέεται από ρεύμα έντασης Ι. Το μέτρο της έντασης Β του μαγνητικού πεδίου είναι:



i. ώστε τα ελατήρια να έχουν το φυσικό τους μήκος:

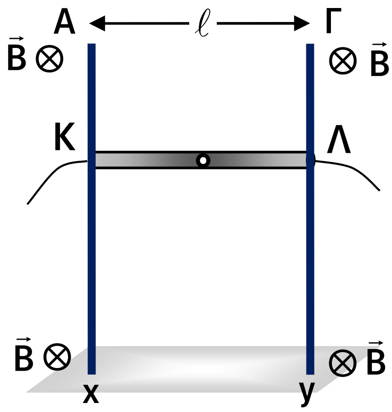
Α. $B=\dfrac{m\cdot g}{I\cdot\ell}$ Β. $B=\dfrac{2\cdot m\cdot g}{I\cdot\ell}$ Γ. $B=\dfrac{m\cdot g}{2\cdot I\cdot\ell}$

ii. ώστε τα ελατήρια να επιμηκυνθούν κατά x από το φυσικό τους μήκος:

Α. $B'=\dfrac{m\cdot g-k\cdot x}{I\cdot\ell}$ Β. $B'=\dfrac{m\cdot g-2\cdot k\cdot x}{I\cdot\ell}$ Γ. $B'=\dfrac{2\cdot k\cdot x-m\cdot g}{I\cdot\ell}$

Δίνεται η επιτάχυνση της βαρύτητας g.
Να αιτιολογήσετε τις επιλογές σας.

2.Β.6 Στο παρακάτω σχήμα ο ευθύγραμμος ρευματοφόρος αγωγός ΚΛ μάζας m , ισορροπεί με τα άκρα του πάνω στους κατακόρυφους μονωτικούς αγωγούς Αx και Γy. Η όλη διάταξη βρίσκεται μέσα σε οριζόντιο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης Β.



i. Για να ισορροπεί ο αγωγός η ένταση του ρεύματος:
Α. θα έχει φορά από το Κ στο Λ.
Β. θα έχει φορά από το Λ στο Κ.
Γ. Δεν έχει σημασία η φορά.

ii. Αν ο αγωγός κατεβαίνει με σταθερή επιτάχυνση, χωρίς να αλλάξει η φορά του ρεύματος, η επιτάχυνση θα έχει μέτρο:

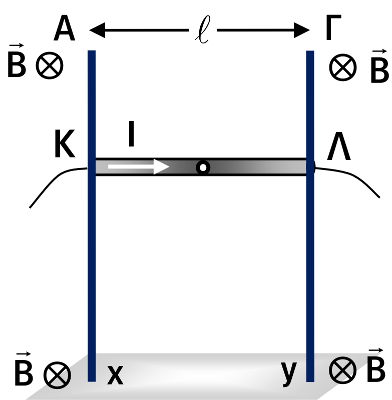
Α. $\alpha=\dfrac{B\cdot I\cdot\ell}{m}$ Β. $\alpha=\dfrac{B\cdot I\cdot\ell}{m}-g$ Γ. $\alpha=g-\dfrac{B\cdot I\cdot\ell}{m}$

iii. Αν ο αγωγός ανεβαίνει με σταθερή επιτάχυνση, χωρίς να αλλάξει η φορά του ρεύματος, η επιτάχυνση θα έχει μέτρο:

Α. $\alpha=\dfrac{B\cdot I\cdot\ell}{m}$ Β. $\alpha=\dfrac{B\cdot I\cdot\ell}{m}-g$ Γ. $\alpha=g-\dfrac{B\cdot I\cdot\ell}{m}$

Να αιτιολογήσετε τις επιλογές σας.

2.Β.7 Ο μεταλλικός αγωγός ΚΛ μήκους ℓ και μάζας m κινείται στο επίπεδο των κατακόρυφων μεταλλικών αγωγών , που το επίπεδο τους είναι κάθετο σε οριζόντιο μαγνητικό πεδίο μαγνητικής επαγωγής Β. Η ένταση του ρεύματος που πρέπει να διαρρέει τον αγωγό ΚΛ ώστε:



i. να ανέρχεται με επιτάχυνση $\alpha=g/2$

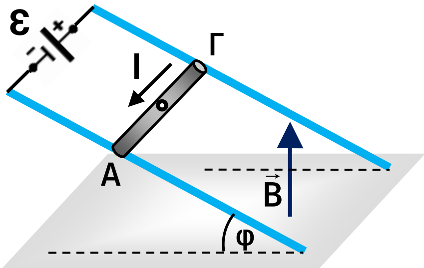
Α. $I=\dfrac{3\cdot m\cdot g}{B\cdot\ell}$ Β. $I=\dfrac{3\cdot m\cdot g}{2\cdot B\cdot\ell}$ Γ. $I=\dfrac{m\cdot g}{2\cdot B\cdot\ell}$

ii. να κατέρχεται με επιτάχυνση $\alpha=g/2$

Α. $I=\dfrac{3\cdot m\cdot g}{B\cdot\ell}$ Β. $I=\dfrac{3\cdot m\cdot g}{2\cdot B\cdot\ell}$ Γ. $I=\dfrac{m\cdot g}{2\cdot B\cdot\ell}$

Να αιτιολογήσετε τις επιλογές σας.

2.B.8 Αγωγός ΑΓ μήκους ℓ και μάζας m ολισθαίνει χωρίς τριβές σε δυο παράλληλους μονωτικούς αγωγούς που σχηματίζουν γωνία φ με το οριζόντιο επίπεδο. Ο αγωγός ΑΓ διαρρέεται από ρεύμα έντασης I και βρίσκεται σε κατακόρυφο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης B όπως φαίνεται στο διπλανό σχήμα. Τότε το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου ώστε ο αγωγός ΑΓ :



i. να κατέρχεται ή να ανέρχεται με σταθερή ταχύτητα

Α. $B=\frac{m\cdot g}{I\cdot\ell}\cdot εφφ$ Β. $B=\frac{m\cdot g}{I\cdot\ell}\cdot ημφ$ Γ. $B=\frac{m\cdot g}{I\cdot\ell\cdot συνφ}$

ii. να κατέρχεται με σταθερή επιτάχυνση α

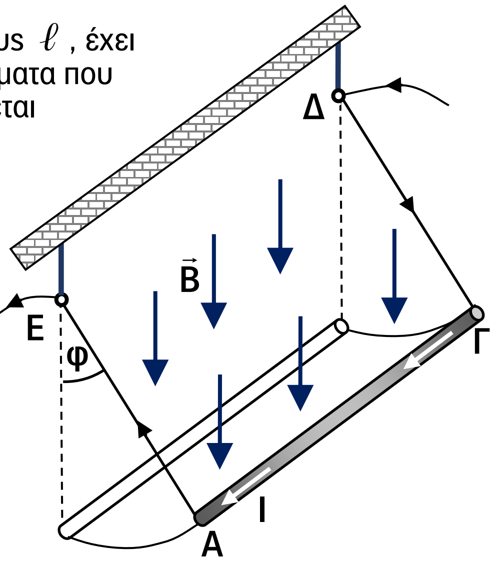
Α. $B=\frac{m\cdot g}{I\cdot\ell}\cdot εφφ-α$ Β. $B=\frac{m\cdot g}{I\cdot\ell}\cdot ημφ+α$ Γ. $B=\frac{m\cdot(g\cdot ημφ-α)}{I\cdot\ell\cdot συνφ}$

Να αιτιολογήσετε τις επιλογές σας.

2.B.9 Μεταλλικός κυλινδρικός αγωγός ΑΓ μάζας m και μήκους ℓ, έχει αναρτηθεί από τα δυο άκρα του, με λεπτά μεταλλικά σύρματα που το καθένα έχει στερεωθεί στα σημεία Δ και Ε όπως φαίνεται στο διπλανό σχήμα. Στο κύκλωμα διαβιβάζουμε ηλεκτρικό ρεύμα έντασης I, οπότε η ένταση του μαγνητικού πεδίου που πρέπει να εφαρμόσουμε με κατακόρυφη φορά, ώστε ο αγωγός ΑΓ να εκτραπεί κατά γωνία φ από την κατακόρυφη θέση ισούται με: Α. $B=\frac{m\cdot g}{I\cdot\ell}\cdot ημφ$

Β. $B=\frac{m\cdot g}{I\cdot\ell}\cdot εφφ$ Γ. $B=\frac{m\cdot g}{I\cdot\ell}\cdot συνφ$

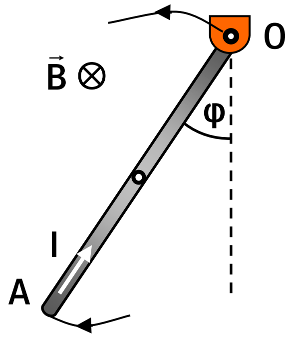
Δίνεται η επιτάχυνση της βαρύτητας g.
Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.



2.B.10 Μεταλλική ράβδος μήκους ℓ και μάζας m κρέμεται από το ένα άκρο Ο που μπορεί να περιστραφεί γύρω από οριζόντιο άξονα χωρίς τριβές. Η ράβδος βρίσκεται σε ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης B που είναι κάθετο στο επίπεδο της ράβδου. Αν στη ράβδο διαβιβάσουμε ρεύμα έντασης I τότε αυτή εκτρέπεται από την κατακόρυφο κατά γωνία φ. Τότε η ένταση I του ρεύματος που διαρρέει τη ράβδο είναι: Α. $I=\frac{m\cdot g}{B\cdot\ell}\cdot εφφ$

Β. $I=\frac{m\cdot g}{B\cdot\ell}\cdot ημφ$ Γ. $I=\frac{m\cdot g}{B\cdot\ell\cdot συνφ}$

Δίνεται η επιτάχυνση της βαρύτητας g.
Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

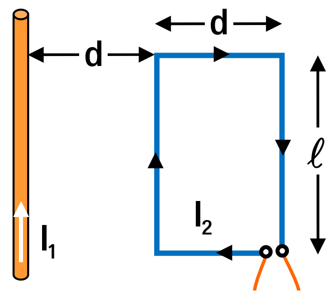


Μαγνητικές δυνάμεις μεταξύ ευθυγράμμων ρευματοφόρων αγωγών

2.Β.11 Ευθύγραμμος αγωγός μεγάλου μήκους διαρρέεται από ρεύμα έντασης I_1, ενώ σε απόσταση d από αυτόν υπάρχει συρμάτινο πλαίσιο με μήκος ℓ και πλάτος d, που διαρρέεται από ρεύμα εντάσεως I_2. Τότε η δύναμη που ασκείται στο πλαίσιο ανά μονάδα μήκους, υπολογίζεται από τη σχέση: Α. $\frac{\Sigma F}{\ell}=\frac{K_\mu \cdot I_1 \cdot I_2}{d}$

Β. $\frac{\Sigma F}{\ell}=\frac{K_\mu \cdot I_1 \cdot I_2}{2 \cdot d}$ Γ. $\frac{\Sigma F}{\ell}=\frac{2 \cdot K_\mu \cdot I_1 \cdot I_2}{d}$

Δίνεται η σταθερά του μαγνητισμού K_μ.
Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

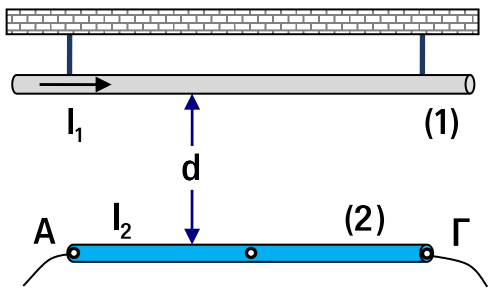


2.Β.12 Οριζόντια μεταλλική ράβδος μεγάλου μήκους διαρρέεται από ρεύμα έντασης I_1. Σε απόσταση d από τη ράβδο και στο ίδιο κατακόρυφο επίπεδο με αυτή τοποθετείται οριζόντιος κυλινδρικός χάλκινος αγωγός διαμέτρου δ και πυκνότητας ρ που διαρρέεται από ρεύμα έντασης I_2, ώστε να ισορροπεί. Τότε η απόσταση d θα ισούται με:

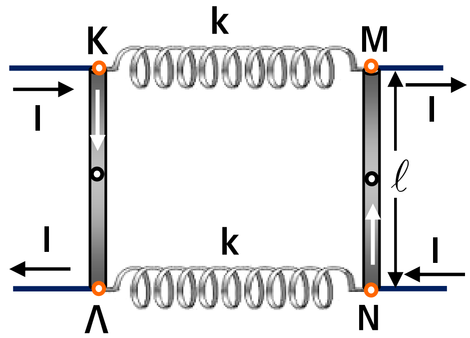
Α. $d=\frac{2 \cdot K_\mu \cdot I_1 \cdot I_2}{\pi \cdot \delta \cdot \rho \cdot g}$ Β. $d=\frac{4 \cdot K_\mu \cdot I_1 \cdot I_2}{\pi \cdot \delta^2 \cdot \rho \cdot g}$

Γ. $d=\frac{8 \cdot K_\mu \cdot I_1 \cdot I_2}{\pi \cdot \delta^2 \cdot \rho \cdot g}$

Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.



2.Β.13 Το σύστημα των μεταλλικών αγωγών ΚΛ και ΜΝ μήκους L συνδέεται μέσω ελατηρίων, σταθεράς k ηλεκτρικά μονωμένων με αυτούς και αυτό βρίσκεται σε οριζόντιο ηλεκτρικά μονωμένο δάπεδο. Αρχικά τα ελατήρια είναι στο φυσικό τους μήκος και οι αγωγοί ΚΛ και ΜΝ βρίσκονται σε επαφή με αυτά. Αν στους μεταλλικούς αγωγούς διαβιβάσουμε ρεύμα έντασης I αλλά αντίθετης φοράς, τότε όταν ισορροπούν, η παραμόρφωση των ελατηρίων φτάνει το 1/3 του φυσικού τους μήκους. Οι αγωγοί και τα ελατήρια είναι ηλεκτρικά μονωμένα ενώ δίνεται η σταθερά του μαγνητισμού K_μ. Τότε η παραμόρφωση των ελατηρίων ισούται με:



Α. $\Delta\ell = I \cdot \sqrt{\frac{K_\mu \cdot L}{k}}$ Β. $\Delta\ell = \frac{I}{2} \cdot \sqrt{\frac{K_\mu \cdot L}{k}}$ Γ. $\Delta\ell = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\frac{K_\mu \cdot I \cdot L}{k}}$

Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

2.Β.14 Δύο παράλληλοι αγωγοί μεγάλου μήκους διαρρέονται από ρεύματα ίδιας έντασης I και βρίσκονται σε απόσταση α μεταξύ τους. Αν ένας τρίτος ρευματοφόρος αγωγός παράλληλος με αυτούς τοποθετηθεί στο μέσον της μεταξύ τους απόστασης, τότε η δύναμη ανά μονάδα μήκους που δέχεται καθένας από αυτούς είναι:

Α. $\frac{\Sigma F}{\ell}=\frac{6 \cdot K_\mu \cdot I^2}{\alpha}$ Β. $\frac{\Sigma F}{\ell}=\frac{\sqrt{3} \cdot K_\mu \cdot I^2}{\alpha}$ Γ. $\frac{\Sigma F}{\ell}=\frac{2 \cdot K_\mu \cdot I^2}{\alpha}$

Δίνεται η σταθερά του μαγνητισμού K_μ.
Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

2.Β.15 Τρεις ευθύγραμμοι αγωγοί απείρου μήκους είναι κάθετοι στο επίπεδο ισόπλευρου τριγώνου πλευράς α και βρίσκονται στις κορυφές του τριγώνου. Αν και οι τρεις αγωγοί διαρρέονται από ίσα ρεύματα έντασης I της ίδιας φοράς , τότε η δύναμη ανά μονάδα μήκους (F/ℓ) που ασκούν οι δυο αγωγοί στον τρίτο αγωγό , είναι:

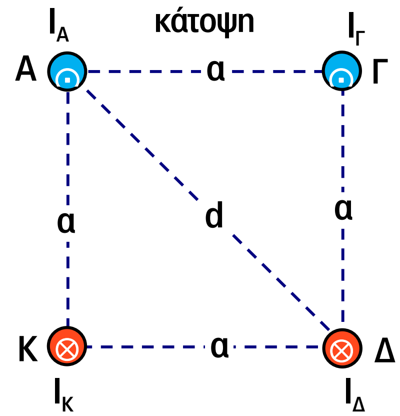
Α. $\dfrac{\Sigma F}{\ell}=\dfrac{\sqrt{3}\cdot K_\mu\cdot I^2}{2\cdot \alpha}$ Β. $\dfrac{\Sigma F}{\ell}=\dfrac{\sqrt{3}\cdot K_\mu\cdot I^2}{\alpha}$ Γ. $\dfrac{\Sigma F}{\ell}=\dfrac{2\cdot\sqrt{3}\cdot K_\mu\cdot I^2}{\alpha}$

Δίνεται η σταθερά του μαγνητισμού K_μ.
Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

2.Β.16 Δύο παράλληλοι ευθύγραμμοι αγωγοί απείρου μήκους τοποθετούνται σε απόσταση d και διαρρέονται από ρεύμα έντασης I ο καθένας. Τότε η ένταση του μαγνητικού πεδίου που πρέπει να εφαρμοστεί κάθετα στο επίπεδο των αγωγών ώστε η απόσταση των αγωγών να μην μεταβληθεί θα είναι ίση με: Α. $B=\dfrac{2\cdot K_\mu\cdot I}{d}$ Β. $B=\dfrac{K_\mu\cdot I}{2\cdot d}$ Γ. $B=\dfrac{K_\mu\cdot I}{d}$

Δίνεται η σταθερά του μαγνητισμού K_μ.
Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

2.Β.17 Τέσσερις ευθύγραμμοι κατακόρυφοι αγωγοί απείρου μήκους Α , Γ, Δ και Κ ισαπέχουν , ώστε μια οριζόντια τομή τους να αποτελεί τετράγωνο ΑΓΔΚ πλευράς α . Οι αγωγοί διαρρέονται από ρεύματα της ίδιας έντασης I , με τα ρεύματα στους Α , Γ έχουν φορά προς τα έξω, ενώ στους Δ , Κ έχουν φορά προς τα μέσα ως προς τη σελίδα. Τότε η δύναμη που ασκείται στον αγωγό Α ανά μονάδα μήκους , υπολογίζεται από τη σχέση:

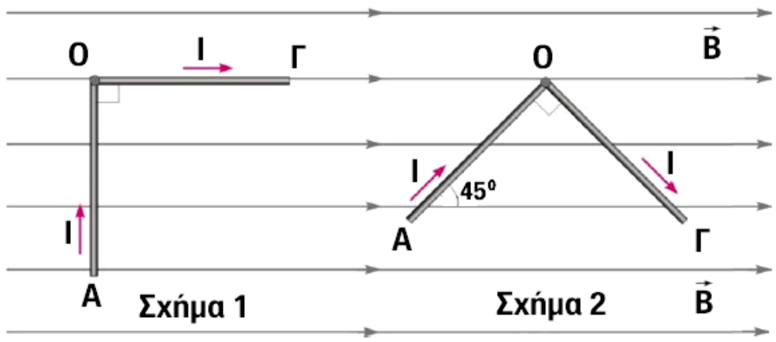


Α. $\dfrac{\Sigma F}{\ell}=\dfrac{\sqrt{10}\cdot K_\mu\cdot I^2}{\alpha}$

Β. $\dfrac{\Sigma F}{\ell}=\dfrac{\sqrt{2}\cdot K_\mu\cdot I^2}{\alpha}$ Γ. $\dfrac{\Sigma F}{\ell}=\dfrac{\sqrt{2}\cdot K_\mu\cdot I^2}{2\cdot\alpha}$

Δίνεται η σταθερά του μαγνητισμού K_μ.
Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

2.Β.18 Ο άκαμπτος αγωγός ΑΟΓ, σχήματος ισοσκελούς κεφαλαίου γράμματος Γ όπου $AO = O\Gamma = \ell$ και $AO \perp O\Gamma$, διαρρέεται από ρεύμα έντασης I και είναι τοποθετημένος με το επίπεδό του κατακόρυφο και παράλληλο στις δυναμικές γραμμές ομογενούς οριζόντιου μαγνητικού πεδίου έντασης B .



Όταν η πλευρά ΑΟ είναι κάθετη στις μαγνητικές γραμμές (Σχήμα 1) , τότε ο αγωγός δέχεται δύναμη μέτρου F από το πεδίο. Στρέφουμε τον αγωγό κατά 45^0 και γύρω από το σημείο Ο, έτσι ώστε το επίπεδό του να παραμείνει παράλληλο με τις δυναμικές γραμμές (Σχήμα 2).
Η συνισταμένη δύναμη που δέχεται τώρα ο αγωγός ΑΟΓ έχει μέτρο:

Α. ΣF = F. Β. ΣF = 2·F. Γ. ΣF = 0.

Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

Γ Θέμα

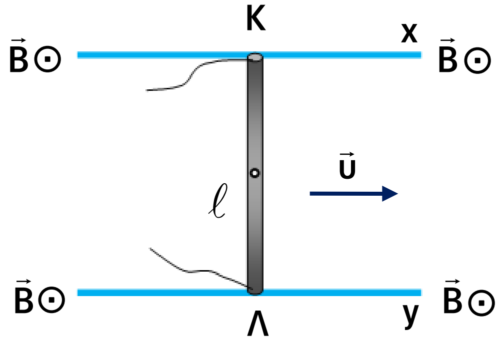
Να επιλύσετε τις ακόλουθες ασκήσεις.

Να επιλύσετε τα ακόλουθα προβλήματα.

Δ Θέμα

Μαγνητική δύναμη Laplace

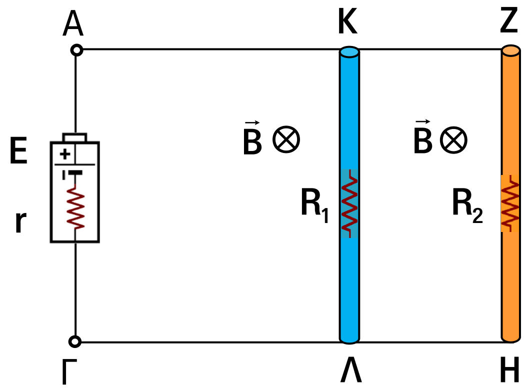
2.Γ.1 Ευθύγραμμος αγωγός ΚΛ μήκους ℓ και μάζας m βρίσκεται πάνω σε δυο ευθύγραμμους και παράλληλους αγωγούς όπως στο σχήμα. Αν ο αγωγός ΚΛ διαρρέεται από ρεύμα σταθερής έντασης και όλο το σύστημα βρίσκεται κάθετα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης Β.



1. Να προσδιορίσετε τη φορά της έντασης του ρεύματος έτσι ώστε ο αγωγός ΚΛ να κινείται προς τα δεξιά.
2. Να μελετήσετε το είδος της κίνησης που εκτελεί ο αγωγός ΚΛ.
3. Να υπολογίσετε την ταχύτητα του αγωγού ΚΛ συναρτήσει του χρόνου, αν αρχικά ήταν ακίνητος.
4. Να υπολογίσετε το έργο της δύναμης που κινεί τον αγωγό συναρτήσει του χρόνου και να το παραστήσετε γραφικά.

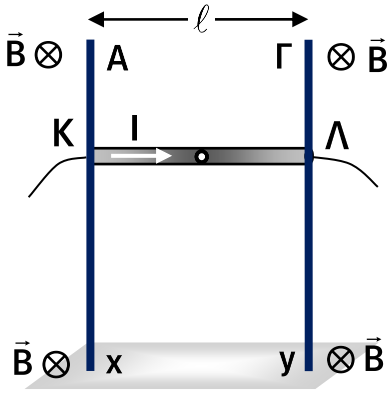
Δίνονται: $m = 100\ g$, $\ell = 1\ m$, $B = 0{,}5\ T$, $I = 2\ A$.

2.Γ.2 Τα άκρα Α και Γ δύο παράλληλων οριζόντιων μεταλλικών ράβδων ΑΖ και ΓΗ αμελητέας αντίστασης, που απέχουν μεταξύ τους $\ell = 1\ m$, συνδέονται με τους πόλους πηγής με ΗΕΔ Ε = 9 V και εσωτερική αντίσταση r = 1 Ω. Το επίπεδο των ράβδων είναι κάθετο σε κατακόρυφο ομογενές μαγνητικό πεδίο Β = 1 Τ. Τα σημεία Κ και Λ συνδέονται αγώγιμα με ευθύγραμμο σύρμα χρωμονικελίνης του οποίου η αντίσταση είναι $R_1 = 6\ \Omega$, ενώ τα σημεία Ζ και Η συνδέονται αγώγιμα με ευθύγραμμο σύρμα χρωμονικελίνης του οποίου η αντίσταση είναι $R_2 = 3\ \Omega$. Και τα δύο αυτά σύρματα είναι κάθετα προς τις οριζόντιες μεταλλικές ράβδους.



Να υπολογίσετε τα ακόλουθα:
1. την ένταση του ρεύματος που διαρρέει την πηγή.
2. την ένταση του ρεύματος που διαρρέει κάθε αντιστάτη.
3. τη διαφορά δυναμικού στα άκρα ΚΛ
4. την ισχύ που παρέχει η πηγή στο εξωτερικό κύκλωμα.
5. τη δύναμη Laplace που ασκείται στους αγωγούς ΚΛ , ΖΗ.
6. αν θα αλλάξει το μέτρο της δύναμης Laplace που ασκείται πάνω στο σύρμα ΖΗ , αν το σύρμα ΖΗ το αντικαταστήσουμε με σύρμα από αλουμίνιο , ίδιου μήκους και ίδιας ωμικής αντίστασης.

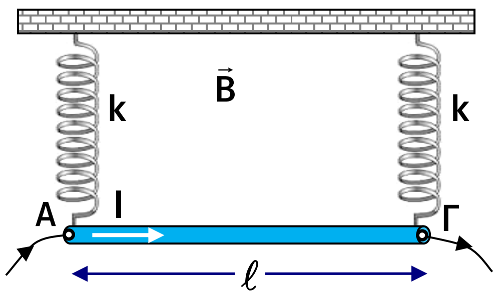
2.Γ.3 Ένας ευθύγραμμος αγωγός ΚΛ , μήκους $\ell = 1$ m και μάζας m = 0,4 kg , είναι συνεχώς κάθετος σε δύο κατακόρυφους μονωτικούς στύλους, πάνω στους οποίους μπορεί να ολισθαίνει χωρίς τριβές. Η όλη διάταξη βρίσκεται μέσα σε οριζόντιο ομογενές μαγνητικό πεδίο, κάθετο στο επίπεδο των δύο στύλων και ο αγωγός συγκρατείται ακίνητος. Αν διαβιβάσουμε στον αγωγό ρεύμα έντασης I = 4 A και στη συνέχεια τον αφήνουμε ελεύθερο, να υπολογίσετε το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου ώστε ο αγωγός:



1. να παραμένει ακίνητος.
2. να κατεβαίνει με επιτάχυνση μέτρου $\alpha = 2$ m/s^2.
3. να ανεβαίνει με επιτάχυνση μέτρου $\alpha = 2$ m/s^2.
4. να ανεβαίνει με επιβράδυνση μέτρου $\alpha = 12$ m/s^2.

Δίνεται η επιτάχυνση της βαρύτητας g = 10 m/s^2.

2.Γ.4 Ευθύγραμμος αγωγός, μήκους $\ell = 10$ cm και μάζας m = 20 g , κρέμεται από τα άκρα δύο παράλληλων ιδανικών ελατηρίων ίδιας σταθεράς k και διατηρείται οριζόντιος σε κατάσταση ισορροπίας. Διαπιστώνουμε ότι η επιμήκυνση καθενός ελατηρίου είναι ίση με $\Delta\ell_1 = 0{,}4$ cm.



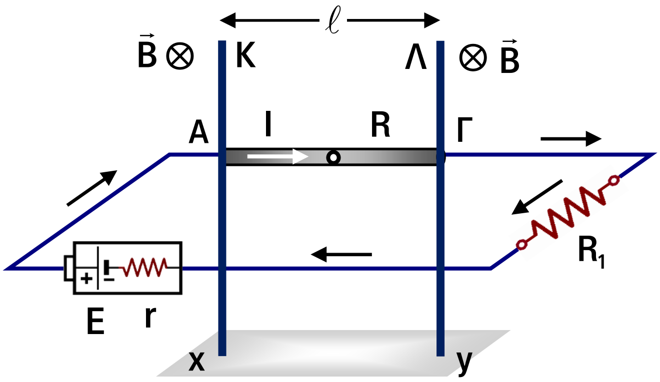
1. Να υπολογίσετε τη σταθερά k καθενός ελατηρίου.

Διαβιβάζουμε στον αγωγό ρεύμα έντασης I = 2 A που έχει την κατεύθυνση που φαίνεται στο διπλανό σχήμα και συγχρόνως δημιουργούμε ομογενές μαγνητικό πεδίο B , κάθετο στο επίπεδο των δύο ελατηρίων. Παρατηρούμε τότε ότι τα ελατήρια επιμηκύνονται επιπλέον κατά d = 0,2 cm.

2. Να υπολογίσετε το μέτρο και την κατεύθυνση της έντασης B του μαγνητικού πεδίου.
3. Να υπολογίσετε τη φορά και την τιμή της έντασης του μαγνητικού πεδίου που πρέπει να δημιουργήσουμε , ώστε τα ελατήρια να μετατοπισθούν προς τα πάνω κατά d = 0,2 cm.

Δίνεται η επιτάχυνση της βαρύτητας g = 10 m/s^2.

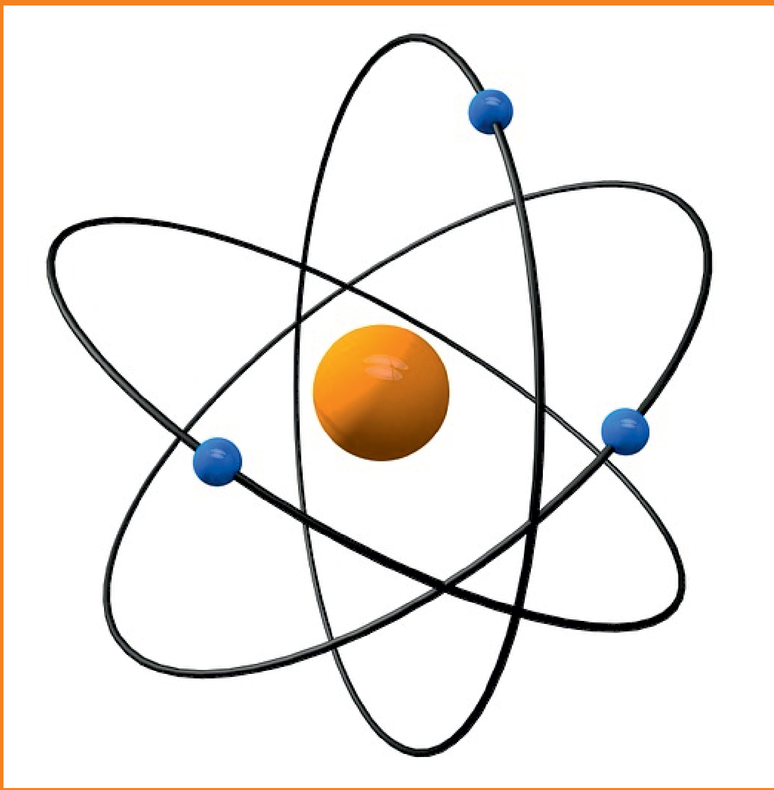
2.Γ.5 Ο ευθύγραμμος ομογενής αγωγός ΑΓ του σχήματος έχει μήκος $\ell = 0{,}2$ m , εμβαδό διατομής $S = 4\cdot10^{-7}$ m^2, μάζα $m = 8\cdot10^{-4}$ kg, αντίσταση R = 0,05 Ω και είναι συνεχώς κάθετος σε δύο κατακόρυφους μονωτικούς στύλους Κx, Λy πάνω στους οποίους μπορεί να ολισθαίνει χωρίς τριβές. Ο αγωγός βρίσκεται μέσα στο πεδίο βαρύτητας και μέσα σε οριζόντιο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης B, κάθετο στο επίπεδο των δύο στύλων και με φορά όπως φαίνεται στο σχήμα. Στον αγωγό συνδέεται σε σειρά ωμική αντίσταση $R_1 = 8{,}95$ Ω και πηγή συνεχούς ρεύματος με ηλεκτρεγερτική δύναμη E = 10 V και εσωτερική αντίσταση r = 1 Ω.



Αν ο αγωγός ΑΓ ισορροπεί , να υπολογίσετε τα ακόλουθα:

1. την ειδική αντίσταση ρ του υλικού του αγωγού.
2. την ένταση του ρεύματος I που διαρρέει το κύκλωμα.
3. το μέτρο της έντασης B του μαγνητικού πεδίου.
4. την ισχύ που παρέχει η πηγή στο εξωτερικό κύκλωμα και τη θερμική ισχύ στο εσωτερικό της.

Δίνεται η επιτάχυνση της βαρύτητας g = 10 m/s^2.



μέτρον...
άριστον
ΦΡΟΝΤΙΣΤΗΡΙΟ Μ.Ε.