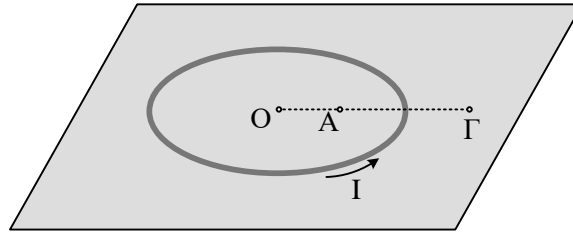


1) Σε οριζόντιο επίπεδο βρίσκεται ένας οριζόντιος κυκλικός αγωγός που διαρρέεται από ρεύμα.

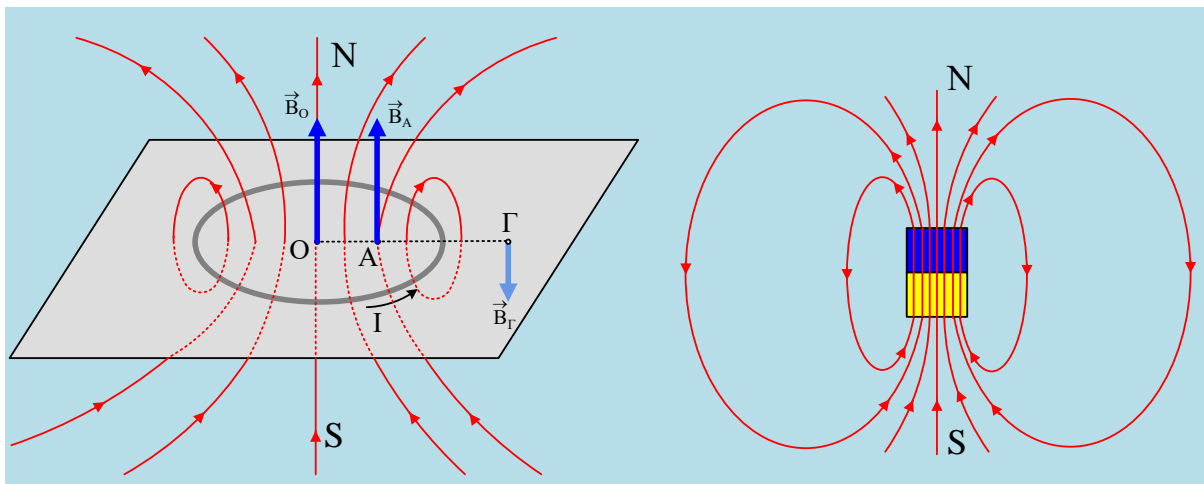


- i) Να σχεδιάσετε το μαγνητικό φάσμα του κυκλικού αγωγού και να σημειώσετε την ένταση του μαγνητικού πεδίου στα σημεία O, A και Γ όπου O το κέντρο του κυκλικού αγωγού,  $(OA) = \frac{1}{2} r$  και  $(O\Gamma) = 1,5r$ .
- ii) Για το μέτρο της έντασης στα σημεία A και Γ ισχύει:

α)  $B_A < B_\Gamma$ ,                      β)  $B_A = B_\Gamma$ ,                      γ)  $B_A > B_\Gamma$ .

Απάντηση:

- i) Στο παρακάτω σχήμα (στα αριστερά) έχουν σχεδιαστεί μερικές δυναμικές γραμμές, που μπορούν να δώσουν τη μορφή του μαγνητικού πεδίου που δημιουργεί ο κυκλικός αγωγός.



Στο σχήμα έχουν σημειωθεί και οι εντάσεις στα τρία σημεία του επιπέδου του αγωγού, όπου και τα τρία διανύσματα είναι κατακόρυφα, κάθετα στο οριζόντιο επίπεδο.

Αξίζει να επισημανθεί ότι το μαγνητικό αυτό φάσμα, θυμίζει έντονα το φάσμα ενός ραβδόμορφου μαγνήτη, το οποίο έχει τη μορφή που δείχνει το δεξιό σχήμα, παραπάνω. Πράγμα που σημαίνει ότι ένας κυκλικός αγωγός συμπεριφέρεται σαν ένα μαγνητικό δίπολο (με βόρειο και νότιο πόλο, όπως έχουν σημειωθεί στο παραπάνω σχήμα). Να σημειωθεί εξάλλου ότι αυτές οι δυναμικές γραμμές είναι κλειστές, χωρίς αρχή και τέλος

- ii) Με βάση το παραπάνω σχήμα το μαγνητικό πεδίο είναι ισχυρότερο στο εσωτερικό του κυκλικού αγωγού και ασθενέστερο στο εξωτερικό του, όπως ακριβώς συμβαίνει και με το μαγνητικό πεδίο του ραβδόμορφου μαγνήτη, στο δεξιό σχήμα. Άρα σωστό είναι το γ)  $B_A > B_\Gamma$ .

2) Δίνεται ο κατακόρυφος κυκλικός αγωγός του σχήματος με κέντρο Ο. Μόλις κλείσουμε τον διακόπτη δ:

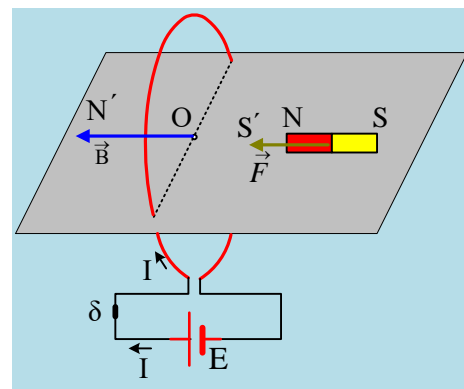
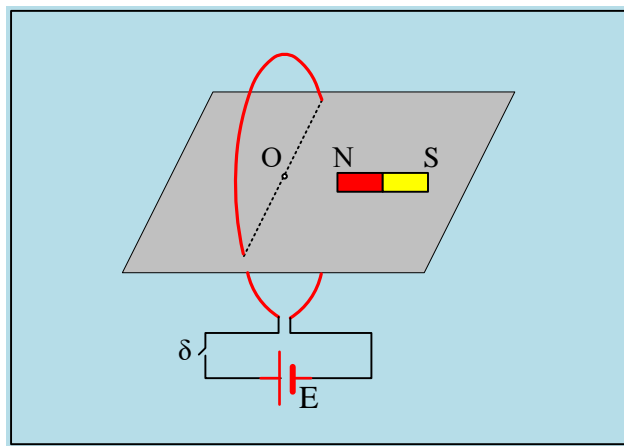
- i) Στο κέντρο Ο του κυκλικού αγωγού δημιουργείται μαγνητικό πεδίο, η ένταση του οποίου είναι κατακόρυφη με φορά προς τα πάνω.
- ii) Το μαγνητικό πεδίο του αγωγού είναι ομογενές.
- iii) Ο μαγνήτης έλκεται από τον κυκλικό αγωγό.

Ποιες από τις παραπάνω προτάσεις είναι σωστές και ποιες λανθασμένες;

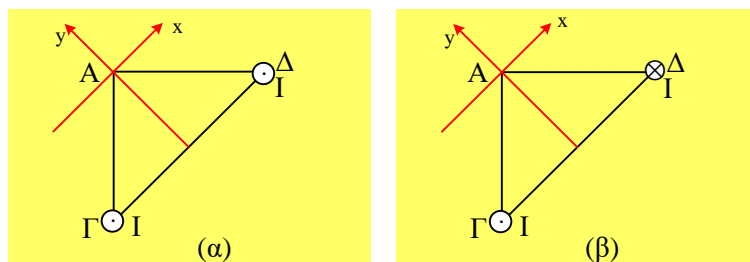
### Απάντηση:

Μόλις κλείσουμε το διακόπτη ο κυκλικός αγωγός θα διαρρέεται από ρεύμα με φορά, όπως στο σχήμα. Αλλά τότε με βάση τον κανόνα του δεξιού χεριού βρίσκουμε ότι η ένταση του μαγνητικού πεδίου στο κέντρο Ο του κύκλου, είναι κάθετη στο επίπεδο του κύκλου (συνεπώς οριζόντιας διεύθυνσης), με φορά προς τα αριστερά. Λαμβάνοντας υπόψη το προηγούμενο ερώτημα, ο κυκλικός αγωγός συμπεριφέρεται σαν ένας ραβδόμορφος μαγνήτης όπου αριστερά του Ο υπάρχει ο βόρειος πόλος Ν' και δεξιά ο νότιος S'. Έτσι όμως απέναντι από το βόρειο πόλο του (πραγματικού) μαγνήτη σχηματίζεται νότιος πόλος και ακολουθεί έλξη του μαγνήτη από το μαγνητικό πεδίο του κυκλικού αγωγού, όπως στο διπλανό σχήμα. Με βάση αυτά, οι απαντήσεις είναι:

- i) Στο κέντρο Ο του κυκλικού αγωγού δημιουργείται μαγνητικό πεδίο, η ένταση του οποίου είναι κατακόρυφη με φορά προς τα πάνω. **Λ.**
- ii) Το μαγνητικό πεδίο του αγωγού είναι ομογενές. **Λ.**
- iii) Ο μαγνήτης έλκεται από τον κυκλικό αγωγό. **Σ.**



3) Στα παρακάτω σχήματα, δίνονται δύο ορθογώνια και ισοσκελή τρίγωνα ΑΓΔ, όπου από τις κορυφές Γ και Δ διέρχονται δυο παράλληλοι ευθύγραμμοι αγωγοί μεγάλου μήκους, κάθετοι στο επίπεδο, οι οποίοι διαρρέονται από ρεύματα με την ίδια ένταση I.



i) Στο (α) σχήμα, η ένταση του μαγνητικού πεδίου στο σημείο A:

α) Βρίσκεται πάνω στον άξονα x, (παράλληλος στην πλευρά ΓΔ του τριγώνου)

β) Βρίσκεται πάνω στον άξονα y (κάθετος στην ΓΔ).

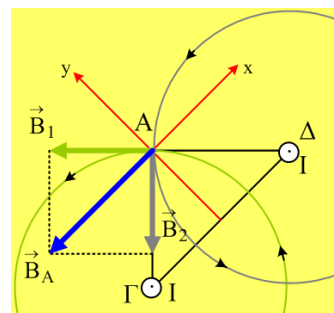
γ) Τίποτα από τα δύο

ii) Ποια η αντίστοιχη απάντηση για την ένταση του μαγνητικού πεδίου στο σημείο A του σχήματος (β);

Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

**Απάντηση:**

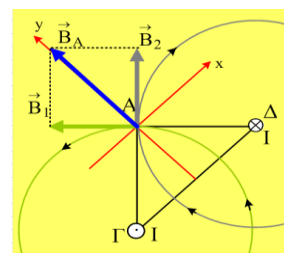
i) Σχεδιάζοντας τις δυναμικές γραμμές του μαγνητικού πεδίου που δημιουργεί κάθε αγωγός, οι οποίες περνούν από την κορυφή A, παίρνουμε το διπλανό σχήμα. Αλλά τότε οι συνιστώσες έντασης  $\vec{B}_1$  και  $\vec{B}_2$  που οφείλονται στους αγωγούς στο Γ και Δ αντίστοιχα, είναι εφαπτόμενες στους παραπάνω κύκλους, όπως στο σχήμα, όπου προκύπτει η  $\vec{B}_1$  στην προέκταση της πλευράς ΑΔ και η  $\vec{B}_2$  πάνω στην ΑΓ. Για τα μέτρα τους εξάλλου θα έχουμε:



$$B_1 = B_2 = K_\mu \frac{2I}{r}$$

Αφού το τρίγωνο είναι ισοσκελές.

Αλλά τότε σχηματίζοντας το παραλληλόγραμμο για να βρούμε την ένταση του πεδίου στο A, αυτό προκύπτει τετράγωνο και το διάνυσμα  $\vec{B}_A$  θα σχηματίζει γωνία  $45^\circ$  με την πλευρά ΑΓ, θα βρίσκεται δηλαδή στη διεύθυνση x την παράλληλη προς την πλευρά ΓΔ. Σωστό το α).



ii) Με την ίδια συλλογιστική, τώρα θα πάρουμε το δεύτερο σχήμα, όπου η  $\vec{B}_1$  θα βρίσκεται ξανά στην προέκταση της πλευράς ΑΔ και η  $\vec{B}_2$  στην προέκταση της ΑΓ.

Και πάλι τα μέτρα των δύο συνιστωσών θα είναι ίσα, ξανά το παραλληλόγραμμο τετράγωνο, με αποτέλεσμα η συνολική ένταση  $\vec{B}_A$  να βρίσκεται στη διεύθυνση y, κάθετη στην πλευρά ΓΔ ή αν προτιμάτε στην προέκταση του ύψους (και διαμέσου..) του τριγώνου.

Σωστό το β).

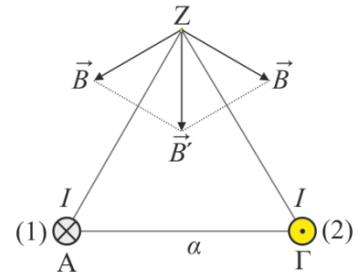
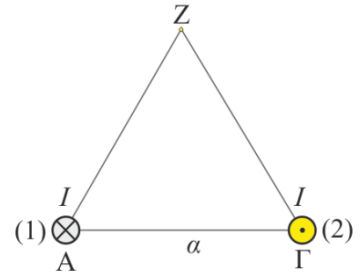
4) Δύο ευθύγραμμοι ρευματοφόροι αγωγοί (1) και (2) είναι κάθετοι στο επίπεδο του σχεδίου και τέμνουν το επίπεδο αυτό στις κορυφές Α και Γ ενός ισοπλεύρου τριγώνου ΑΓΖ, πλευράς α. Αν οι αγωγοί διαρρέονται από αντίρροπα ρεύματα ίδιας έντασης I, τότε η ένταση του μαγνητικού πεδίου στην κορυφή Ζ έχει μέτρο:

α.  $k_{\mu} \frac{2I}{\alpha} \sqrt{2}$

β.  $k_{\mu} \frac{2I}{\alpha} \sqrt{3}$

γ.  $k_{\mu} \frac{2I}{\alpha}$

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.



### ΛΥΣΗ

Σωστό είναι το β.

#### Αιτιολόγηση

Τα διανύσματα των εντάσεων στο Ζ σχηματίζουν γωνία  $\varphi = 120^\circ$  και έχουν μέτρα:

$$B_1 = B_2 = B = k_{\mu} \frac{2I}{\alpha}$$

Επομένως η ένταση του μαγνητικού πεδίου στο Ζ έχει μέτρο:

$$B' = \sqrt{B^2 + B^2 + 2BB\cos\varphi} = \sqrt{B^2 + B^2 + 2B^2(-1/2)} = B \Rightarrow B' = k_{\mu} \frac{2I}{\alpha}$$

5) Διαθέτουμε δύο ευθύγραμμους παράλληλους αγωγούς, μεγάλου μήκους, στο επίπεδο της σελίδας, οι οποίοι διαρρέονται από ρεύματα  $I_1$  και  $I_2$ . Στο σχήμα βλέπετε και τρία σημεία Α, Γ και Δ, στο επίπεδο της σελίδας.

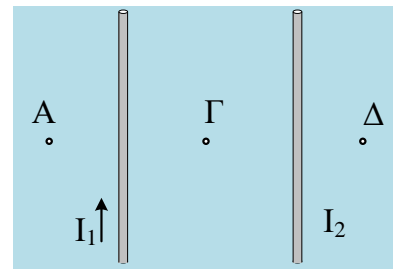
i) Αν η φορά του ρεύματος  $I_2$  είναι προς τα πάνω, τότε η ένταση του μαγνητικού πεδίου είναι μηδενική, στην περιοχή:

α) του σημείου Α, β) του σημείου Γ, γ) του σημείου Δ.

ii) Αν η φορά του ρεύματος  $I_2$  είναι προς τα κάτω, ενώ  $I_1 > I_2$ , τότε η ένταση του μαγνητικού πεδίου είναι μηδενική, στην περιοχή:

α) του σημείου Α, β) του σημείου Γ, γ) του σημείου Δ.

Να δικαιολογήσετε τις απαντήσεις σας.



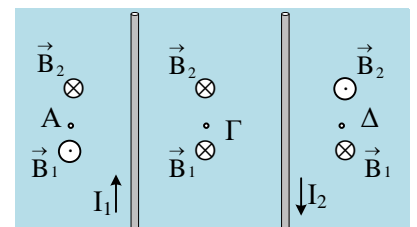
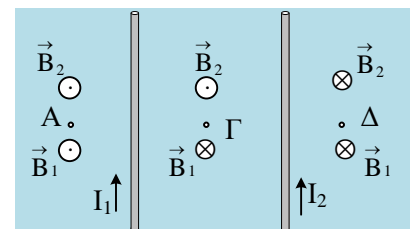
#### Απάντηση:

Στο διπλανό σχήμα έχουν σχεδιαστεί τα διανύσματα των εντάσεων  $\vec{B}_1$  και  $\vec{B}_2$  που οφείλονται στους δυο αγωγούς και στις τρεις περιοχές των σημείων που μας ενδιαφέρουν, όπως προκύπτουν από τον κανόνα του δεξιού χεριού, για κάθε αγωγό, στην περίπτωση που η ένταση  $I_2$  έχει φορά προς τα πάνω.

i) Με βάση το παραπάνω σχήμα, βλέπουμε ότι η συνολική ένταση μπορεί να είναι μηδενική, μόνο στην μεσαία περιοχή (γύρω από το σημείο Γ) όπου οι δυο επιμέρους εντάσεις έχουν αντίθετες κατευθύνσεις, συνεπώς **μπορεί** να ισχύσει:

$$\vec{B}_{o\lambda} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 = 0$$

ii) Στην περίπτωση που ο δεύτερος αγωγός διαρρέεται από ρεύμα με φορά προς τα κάτω, θα έχουμε αντίστοιχα, το διπλανό σχήμα. Αλλά τότε έχουμε δυο περιοχές

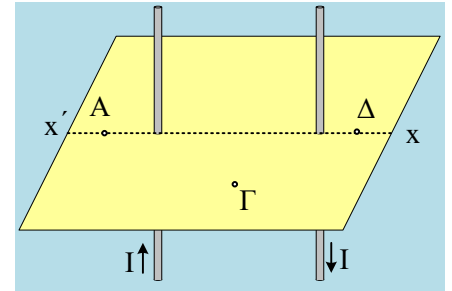


όπου οι επιμέρους εντάσεις έχουν αντίθετες κατευθύνσεις. Οι περιοχές γύρω από το σημείο Α και γύρω από το σημείο Δ. Αλλά αφού  $I_1 > I_2$ , η περιοχή που θα μπορούσαμε να έχουμε  $B=0$ , είναι η δεξιά περιοχή (σημείο Δ). Πράγματι αν  $d$  η απόσταση των δύο αγωγών και  $x$  η απόσταση κάποιου σημείου Δ' από τον δεύτερο αγωγό, τότε θα έχουμε  $B=0$ , όταν:

$$B_1 = B_2 \rightarrow K_\mu \frac{2I_1}{d+x} = K_\mu \frac{2I_2}{x}$$

Όπου αφού  $I_1 > I_2$  θα ισχύει και  $r_1 > r_2$  ή  $d+x > x$ .

6) Δύο κατακόρυφοι ευθύγραμμοι αγωγοί, μεγάλου μήκους, διαρρέονται από ίσα ρεύματα όπως στο διπλανό σχήμα.



i) Η ένταση του μαγνητικού πεδίου στο σημείο Α:

- α) Έχει την διεύθυνση  $x'x$ .
- β) Έχει διεύθυνση κάθετη στην  $x'x$ .
- γ) Μπορεί να είναι μηδενική.

ii) Η ένταση του μαγνητικού πεδίου στο σημείο Γ:

- α) είναι παράλληλη στη διεύθυνση  $x'x$
- β) μπορεί να είναι μηδενική.

iii) Η ένταση στο σημείο Δ, μπορεί να είναι μηδενική.

Να χαρακτηρίσετε ως σωστές ή λανθασμένες τις παραπάνω προτάσεις, δίνοντας σύντομες επεξηγήσεις.

### ΛΥΣΗ

Στο σχήμα έχουν σχεδιαστεί δύο δυναμικές γραμμές των πεδίων των δύο αγωγών, που διέρχονται από το σημείο Α, καθώς και τις αντίστοιχες εντάσεις  $\vec{B}_1$  και  $\vec{B}_2$ .

iii) Και οι δύο αυτές συνιστώσες έντασης, είναι κάθετες στις αντίστοιχες ακτίνες, συνεπώς και η συνισταμένη τους:

$$\vec{B}_{\text{ολ}} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 \rightarrow B_{\text{ολ}} = B_1 - B_2$$

Έχει την κατεύθυνση του  $B_1$  και είναι κάθετη στην διεύθυνση  $x'x$ .

Όσον αφορά τα μέτρα των δύο συνιστωσών της έντασης στο Α θα έχουμε (έστω  $d$  η απόσταση των δύο αγωγών)!

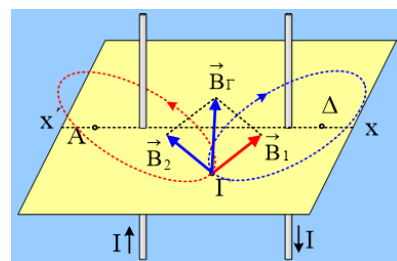
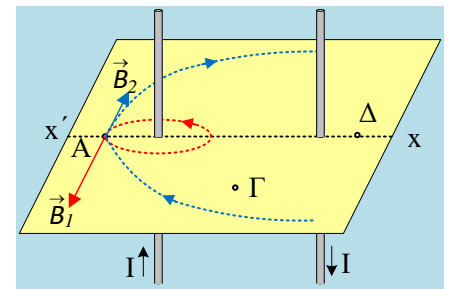
$$B_1 = K_\mu \frac{2I}{r} \quad \text{και} \quad B_2 = K_\mu \frac{2I}{r+d}$$

Συνεπώς  $B_1 > B_2$ . Έτσι οι απαντήσεις θα είναι:

- α) Έχει την διεύθυνση  $x'x$ . (Λ)
- β) Έχει διεύθυνση κάθετη στην  $x'x$ . (Σ)
- γ) Μπορεί να είναι μηδενική. (Λ)

iv) Σχεδιάζουμε τώρα τις δυναμικές γραμμές των μαγνητικών δύο αγωγών που περνάνε από το Γ, όπως στο διπλανό σχήμα.

Στο σχήμα έχουν σχεδιαστεί επίσης οι συνιστώσες της έντασης



πεδίων των

$\vec{B}_1$  και  $\vec{B}_2$

καθώς και η συνολική ένταση  $\vec{B}_r$  στο σημείο Γ.

Με βάση την εικόνα αυτή:

α) είναι παράλληλη στη διεύθυνση  $x'x$  (Λ)

β) μπορεί να είναι μηδενική. (Λ)

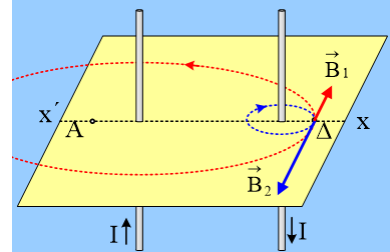
αφού η ένταση κατευθύνεται προς «τους δύο αγωγούς» και ποτέ η διαγώνιος δεν θα έχει μηδενικό μέτρο ή αν προτιμάτε οι εντάσεις  $\vec{B}_1$  και  $\vec{B}_2$  δεν είναι αντίθετες.

ν) Σχεδιάζοντας ξανά τις εντάσεις για το σημείο Δ, παίρνουμε το σχήμα. Όπου οι δύο εντάσεις έχουν αντίθετες κατευθύνσεις και διαφορετικά μέτρα, όπου με βάση τις εξισώσεις:

$$B_1 = K_\mu \frac{2I}{r+d} \quad \text{και} \quad B_2 = K_\mu \frac{2I}{r}$$

$$B_2 > B_1$$

Και η πρόταση είναι λανθασμένη.



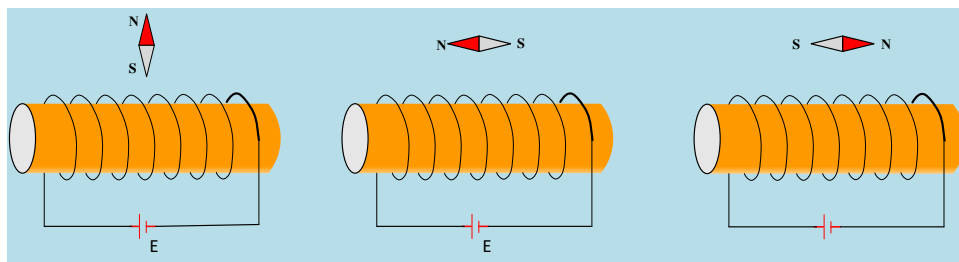
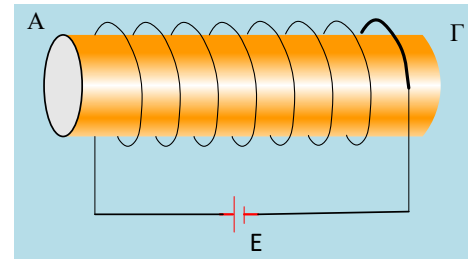
διπλανό

**7)** Πήραμε ένα χάρτινο κύλινδρο (ένα ρολό..) πάνω στον οποίο τυλίξαμε ένα σύρμα δημιουργώντας ένα σωληνοειδές πηνίο, το οποίο τροφοδοτήσαμε με ρεύμα, με την βοήθεια μιας πηγής ηλεκτρεγερτικής δύναμης E, όπως στο σχήμα.

i) Να σχεδιάσετε το μαγνητικό πεδίο του παραπάνω σωληνοειδούς.

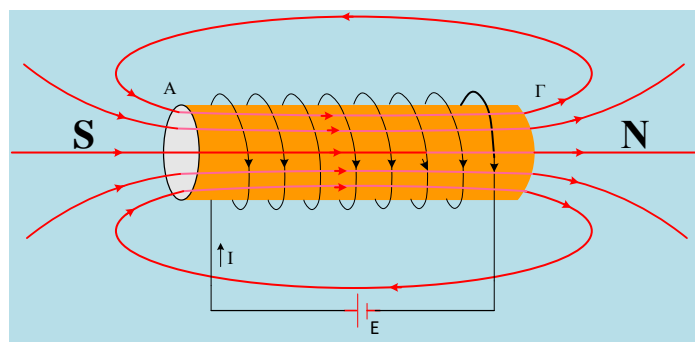
ii) Ποιο άκρο του αντιστοιχεί με βόρειο πόλο, το Α ή το Γ;

iii) Τοποθετούμε μια μικρή μαγνητική βελόνη, πάνω από το πηνίο και την αφήνουμε να ηρεμήσει. Το μαγνητικό πεδίο της Γης θεωρείται αμελητέας έντασης, συγκρινόμενο με το μαγνητικό πεδίο του πειράματός μας. Ποιο από τα παρακάτω σχήματα παριστά τον προσανατολισμό της βελόνης;



**Απάντηση:**

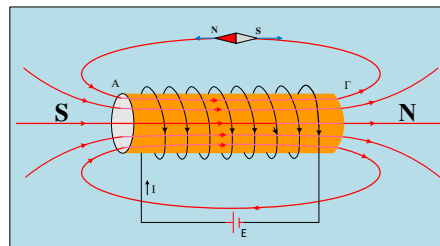
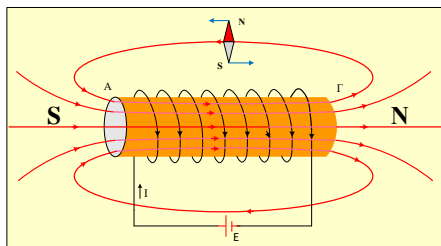
i) Οι δυναμικές γραμμές του μαγνητικού πεδίου του σωληνοειδούς πηνίου, έχει τη μορφή του σχήματος:



Αφού με τη βοήθεια του κανόνα του δεξιού χεριού βρίσκουμε ότι στο εσωτερικό του οι δυναμικές γραμμές κατευθύνονται από το άκρο Α στο Γ.

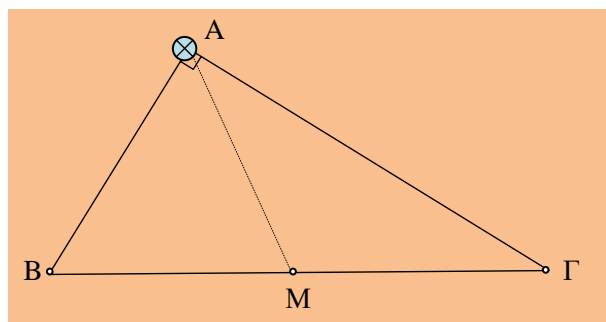
ii) Με βάση το παραπάνω σχήμα, το άκρο Α, στο οποίο εισέρχονται στο πηνίο οι δυναμικές γραμμές αντιστοιχεί σε νότιο μαγνητικό πόλο και το άκρο Γ, από το οποίο εξέρχονται, σε βόρειο μαγνητικό πόλο.

iii) Αν τοποθετήσουμε την μαγνητική βελόνη, πάνω από το πηνίο μας, όπως στο πρώτο σχήμα, τότε θα δεχθεί τις δυνάμεις που έχουν σημειωθεί στο αριστερό σχήμα, με αποτέλεσμα να περιστραφεί και μόλις ηρεμήσει (λόγω τριβών θα σταματήσει να εκτελεί μια φθίνουσα στροφική ταλάντωση...) να πάρει τη θέση του δεξιού σχήματος.



Άρα σωστό το μεσαίο σχήμα.

**8** Στο σχήμα δίνεται ένα ορθογώνιο τρίγωνο με κάθετες πλευρές  $(AB)=6\text{cm}$  και  $(AG)=8\text{cm}$ . Ένας ευθύγραμμος αγωγός πολύ μεγάλου μήκους, είναι κάθετος στο επίπεδο του τριγώνου διερχόμενος από την κορυφή Α, ενώ διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα, η ένταση του οποίου έχει φορά προς τα μέσα.



i) Να σχεδιάσετε το διάνυσμα της έντασης του μαγνητικού πεδίου στην κορυφή Β του τριγώνου και στο μέσον Μ της υποτείνουσας.

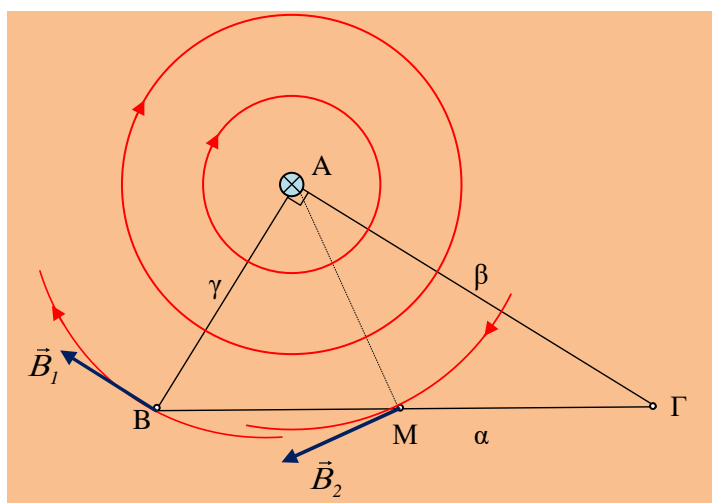
ii) Αν  $B_1$  το μέτρο της πρώτης και  $B_2$  της δεύτερης έντασης, στα παραπάνω σημεία, ισχύει:

$$\alpha) B_1/B_2 = 3/4, \quad \beta) B_1/B_2 = 4/5, \quad \gamma) B_1/B_2 = 5/6, \quad \delta) B_1/B_2 = 6/5$$

Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

**Απάντηση:**

i) Οι δυναμικές γραμμές του μαγνητικού πεδίου του ευθύγραμμου αγωγού, στο επίπεδο του τριγώνου, είναι ομόκεντροι κύκλοι με φορά όπως στο σχήμα. Εφαπτόμενες στις κυκλικές αυτές γραμμές είναι οι εντάσεις  $\vec{B}_1$ , στην κορυφή Β, κάθετη στην ακτίνα ΑΒ και  $\vec{B}_2$ , στο μέσον Μ της ΒΓ, κάθετη στη διάμεσο ΑΜ του τριγώνου.



ii) Από το πυθαγόρειο θεώρημα στο τρίγωνο ΑΒΓ παίρνουμε:

$$(B\Gamma) = \alpha = \sqrt{(AB)^2 + (AG)^2} = \sqrt{\gamma^2 + \beta^2}$$

$$\alpha = \sqrt{\gamma^2 + \beta^2} = \sqrt{6^2 + 8^2} \text{ cm} = 10 \text{ cm}$$

Έτσι τώρα, για τα μέτρα των δύο εντάσεων έχουμε:

$$B_1 = k_{\mu} \frac{2I}{\beta} \quad \text{και} \quad B_2 = k_{\mu} \frac{2I}{(AM)} = k_{\mu} \frac{2I}{a/2}$$

Αφού η διάμεσος ορθογωνίου τριγώνου είναι ίση με το μισό της υποτείνουσας...

Με διαίρεση των δύο παραπάνω εξισώσεων κατά μέλη παίρνουμε:

$$\frac{B_1}{B_2} = \frac{k_{\mu} \frac{2I}{\beta}}{k_{\mu} \frac{4I}{\alpha}} = \frac{2I\alpha}{4I\beta} = \frac{\alpha}{2\beta} = \frac{10cm}{2 \cdot 6cm} = \frac{5}{6}$$

Σωστό το γ).