

**4^ο Διαγώνισμα - Μαγνητικό Πεδίο
με θέματα από το Ψηφιακό Σχολείο**

**Επιμέλεια: Βασίλειος Ιστάπολος, Πρόδρομος Κορκίζογλου,
Παναγιώτης Μπετσάκος, Ηλίας Ποντικός**

A1. Σε ένα ομογενές μαγνητικό πεδίο οι δυναμικές γραμμές είναι:

α. ανοικτές

β. ομόκεντροι κύκλοι

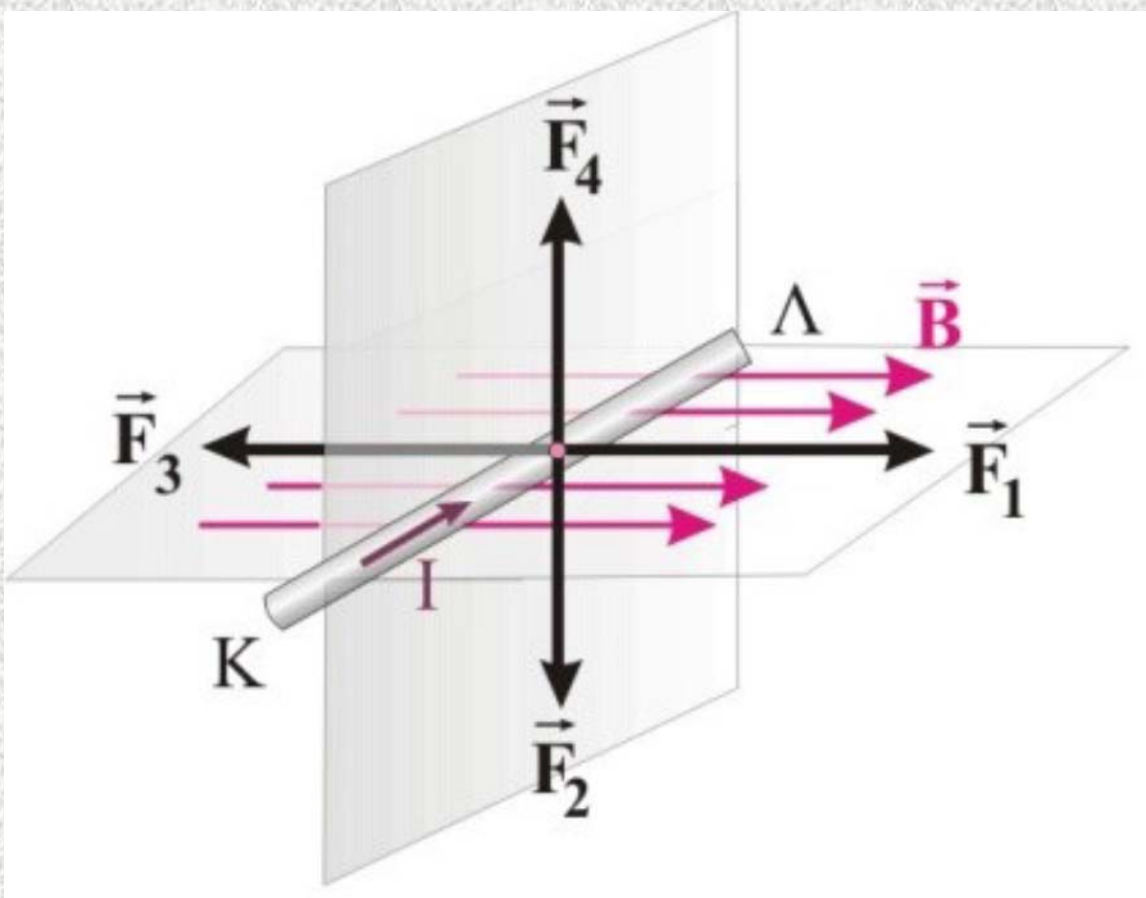
γ. ευθείες, με φορά από το νότιο προς το βόρειο μαγνητικό πόλο

δ. ευθείες παράλληλες, ομόρροπες και ισαπέχουσες μεταξύ τους

δ.

A2. Ο ευθύγραμμος οριζόντιος ρευματοφόρος αγωγός **ΚΛ**, δέχεται δύναμη **Laplace** που έχει κατεύθυνση όπως η δύναμη:

- α. F_1
- β. F_2
- γ. F_3
- δ. F_4



β.

A3. Ο **Oersted** έδειξε πειραματικά ότι:

α. γύρω από ένα ακίνητο φορτίο δημιουργείται μαγνητικό πεδίο

β. γύρω από ένα ακίνητο φορτίο δημιουργείται ηλεκτρικό πεδίο

γ. γύρω από έναν ευθύγραμμο αγωγό δημιουργείται μαγνητικό πεδίο

δ. γύρω από έναν ευθύγραμμο ρευματοφόρο αγωγό δημιουργείται μαγνητικό πεδίο

δ.

A4. Ευθύγραμμος οριζόντιος αγωγός διαρρέεται από συνεχές ρεύμα και βρίσκεται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο με οριζόντιες δυναμικές γραμμές. Ο αγωγός δέχεται δύναμη από το μαγνητικό πεδίο, F_L , που έχει μέτρο το ήμισυ της μέγιστης δυνατής τιμής του. Προκειμένου να ασκηθεί στον αγωγό δύναμη με το **μέγιστο** δυνατό μέτρο, πρέπει αυτός να στραφεί γύρω από κατακόρυφο άξονα κατά:

α. 60°

β. 90°

γ. 45°

δ. 30°

α.

A5. Ένα σωληνοειδές όταν διαρρέεται από **σταθερό** ρεύμα, το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου στο εσωτερικό του είναι **B**. Ενώνουμε το σωληνοειδές με ένα άλλο **όμοιο** του, ώστε να δημιουργηθεί ένα νέο **διπλάσιου** μήκους. Διαβιβάζουμε στο σύστημα ρεύμα **ίδιας** έντασης. Το μέτρο του μαγνητικού πεδίου στο εσωτερικό του νέου σωληνοειδούς θα είναι:

α. B

β. 2B

γ. 4B

δ. B/2

α.

A6. Η ένταση του μαγνητικού πεδίου **B** ορίζεται με βάση τη δύναμη Laplace που αναπτύσσεται:

α. σε ευθύγραμμο ρευματοφόρο αγωγό, που τοποθετείται παράλληλα στις μαγνητικές δυναμικές γραμμές

β. σε ευθύγραμμο ρευματοφόρο αγωγό, που τοποθετείται κάθετα στις μαγνητικές δυναμικές γραμμές

γ. μεταξύ δύο παραλλήλων ρευματοφόρων αγωγών που διαρρέονται από ομόρροπα ρεύματα

δ. μεταξύ δύο παραλλήλων ρευματοφόρων αγωγών που διαρρέονται από αντίρροπα ρεύματα

β.

- A.** Η δύναμη Laplace που ασκείται σε ευθύγραμμο ρευματοφόρο αγωγό μήκους L , που βρίσκεται εντός ομογενούς μαγνητικού πεδίου έντασης B , είναι κάθετη και στην ένταση και στον αγωγό.
- B.** Το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου στο κέντρο ενός κυκλικού ρευματοφόρου αγωγού είναι ανάλογο της έντασης του ρεύματος που τον διαρρέει.
- Γ.** Η ένταση του μαγνητικού πεδίου στο εσωτερικό ενός ρευματοφόρου σωληνοειδούς μεγάλου μήκους είναι ανάλογη του μήκους του.
- Δ.** Δύο παράλληλοι ρευματοφόροι αγωγοί απείρου μήκους έλκονται, αν οι φορές των ρευμάτων είναι αντίρροπες.
- Ε.** Το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου σε κάποιο σημείο γύρω από ευθύγραμμο ρευματοφόρο αγωγό μειώνεται καθώς η απόσταση του σημείου από τον αγωγό μεγαλώνει.
- ΣΤ.** Οι μαγνητικές γραμμές που δημιουργούνται γύρω από ρευματοφόρο αγωγό είναι ανοικτές.
- Ζ.** Οι σπείρες ενός εύκαμπτου ρευματοφόρου σωληνοειδούς έλκονται πάντα μεταξύ τους.
- Η.** Κάθε ρευματοφόρος αγωγός δημιουργεί γύρω του μαγνητικό πεδίο.

A – Σ B – Σ Γ – Λ Δ – Λ

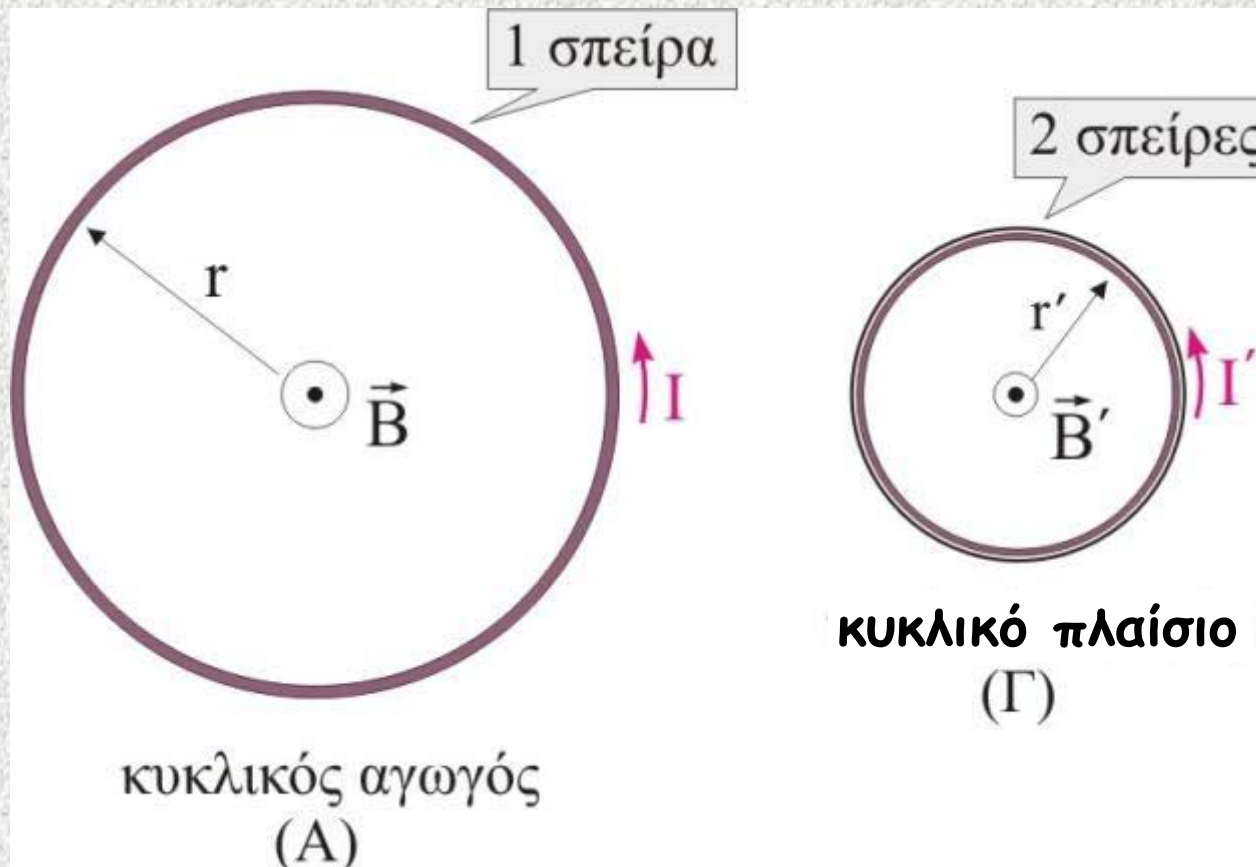
Ε – Σ ΣΤ – Λ Ζ – Σ Η – Σ

B1. Κυκλικός αγωγός (Α) συνδέεται με ιδανική πηγή σταθερής τάσης, οπότε δημιουργεί μαγνητικό πεδίο του οποίου η ένταση στο κέντρο του έχει μέτρο B . Χρησιμοποιούμε το σύρμα του κυκλικού αγωγού και σχηματίζουμε ένα κυκλικό πλαίσιο (Γ) με δύο σπείρες, το οποίο συνδέουμε με την ίδια πηγή. Το μέτρο της έντασης B' του μαγνητικού πεδίου στο κέντρο του κυκλικού πλαισίου (Γ) είναι ίση με:

α. B

β. $2B$

γ. $4B$



Αγωγός (Α), 1 σπείρα: $L = 2\pi r$

Αγωγός (Γ): 2 σπείρες: $L = 2 \cdot 2\pi r'$

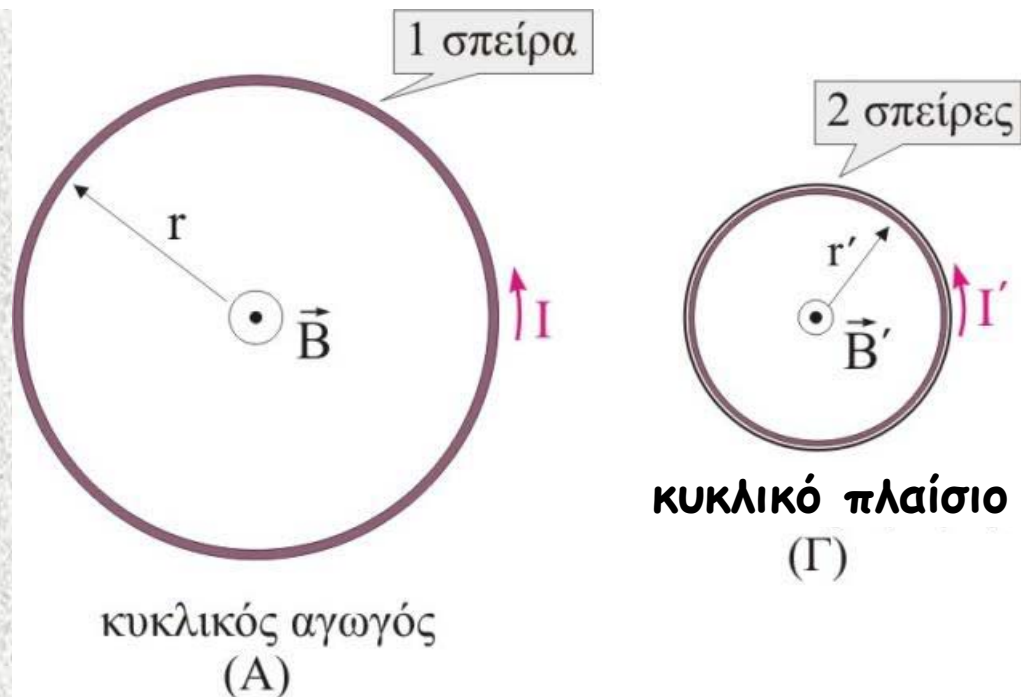
Εξισώνοντας: $r = 2r'$

$$I = I'$$

$$B = \frac{2k_{\mu}\pi I}{r} = \frac{2k_{\mu}\pi I'}{2r'}$$

$$B' = 2 \frac{2k_{\mu}\pi I'}{r'}$$

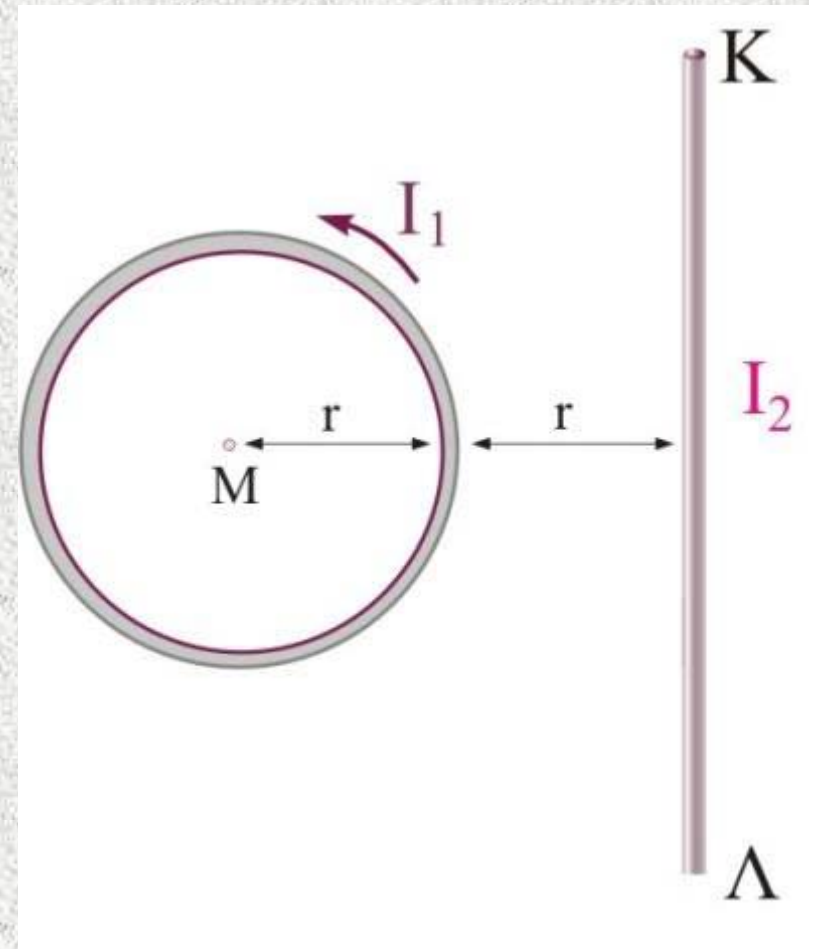
$$\rightarrow \frac{B}{B'} = \frac{1}{4} \rightarrow B' = 4B \quad \text{Υ.}$$



B2. Ο κυκλικός αγωγός ακτίνας r και ο ευθύγραμμος αγωγός $ΚΛ$ του σχήματος βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο, με τον ευθύγραμμο να απέχει $2r$ από το κέντρο του κυκλικού. Ο κυκλικός αγωγός διαρρέεται από ρεύμα έντασης I_1 με φορά αντίθετη αυτής των δεικτών του ρολογιού και η **συνολική** ένταση του μαγνητικού πεδίου στο κέντρο M του κυκλικού αγωγού είναι ίση με **μηδέν**.

Ο ευθύγραμμος αγωγός διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα με φορά από το:

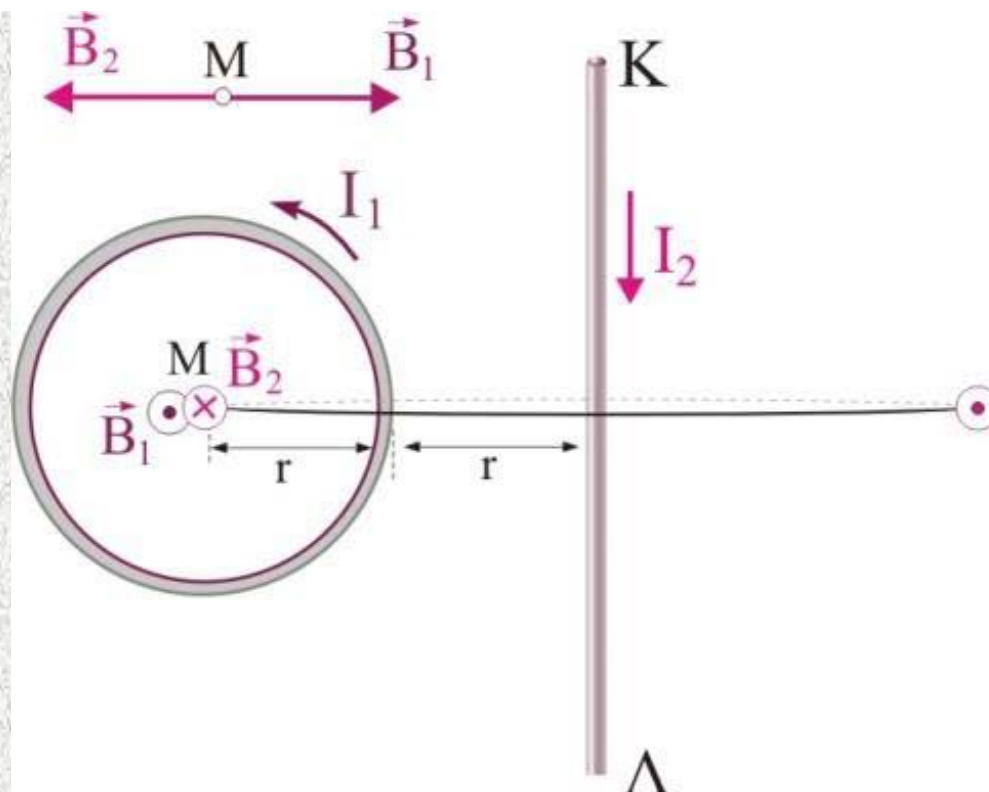
- α.** Κ προς το Λ και έντασης $I_2 = \pi I_1$
- β.** Κ προς το Λ και έντασης $I_2 = 2\pi I_1$
- γ.** Λ προς το Κ και έντασης $I_2 = 2\pi I_1$



Η ένταση του μαγνητικού πεδίου, B_1 , στο M λόγω του κυκλικού ρευματοφόρου αγωγού έχει φορά από τη σελίδα προς τον αναγνώστη.

Επομένως για να είναι η συνολική ένταση του μαγνητικού πεδίου στο M ίση με μηδέν, θα πρέπει το διάνυσμα της έντασης του μαγνητικού πεδίου λόγω του ευθύγραμμου ρευματοφόρου αγωγού $K\Lambda$, B_2 , να έχει φορά αντίθετη, δηλαδή από τον αναγνώστη προς τη σελίδα.

Για να συμβαίνει αυτό θα πρέπει η φορά του ρεύματος που διαρρέει τον $K\Lambda$ να είναι από το K προς το Λ .



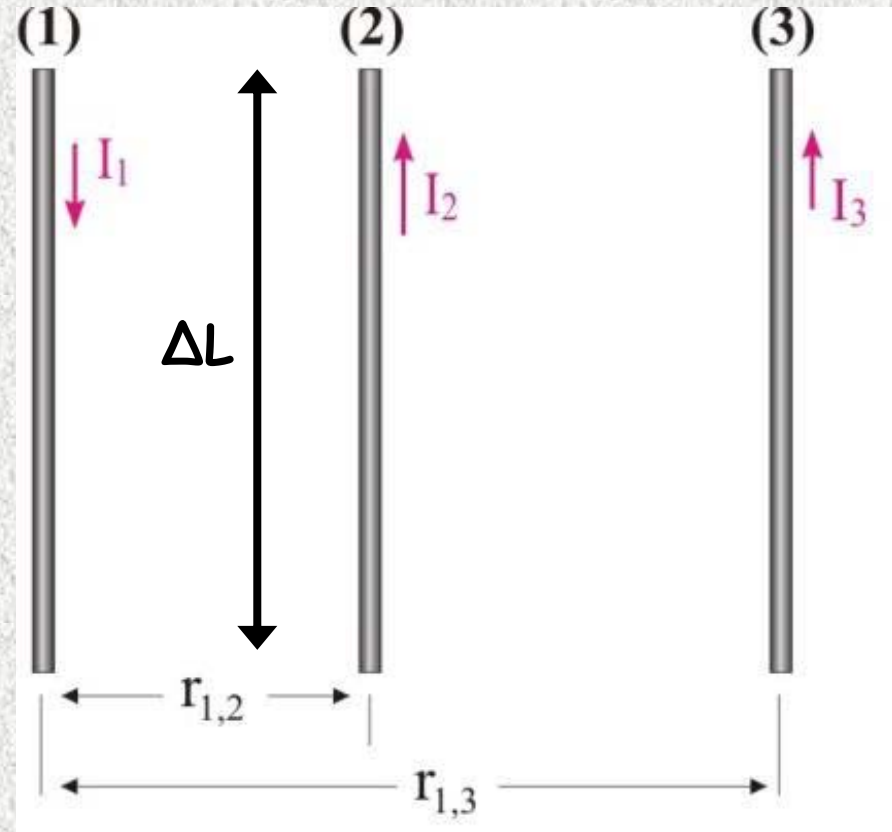
$$B_M = 0 \rightarrow B_1 = B_2 \rightarrow \frac{2k_\mu \pi I_1}{r} = \frac{2k_\mu I_2}{2r} \rightarrow 2\pi I_1 = I_2 \quad \beta.$$

B3. Στο σχήμα απεικονίζονται πάνω σε **λείο οριζόντιο** επίπεδο τρεις παράλληλοι άκαμπτοι ομοεπίπεδοι ρευματοφόροι αγωγοί πολύ μεγάλου μήκους. Δύο αγωγοί είναι **ακλόνητοι**, ενώ ο τρίτος, παρότι είναι ελεύθερος, παραμένει επίσης **ακίνητος**. Ο αγωγός που παραμένει **ακίνητος** παρότι είναι **ελεύθερος** είναι ο:

α. (2) όταν ισχύει: $\frac{r_{1,2}}{r_{1,3}} = 1 - \frac{I_2}{I_3}$

β. (3) όταν ισχύει: $\frac{r_{1,2}}{r_{1,3}} = 1 - \frac{I_1}{I_3}$

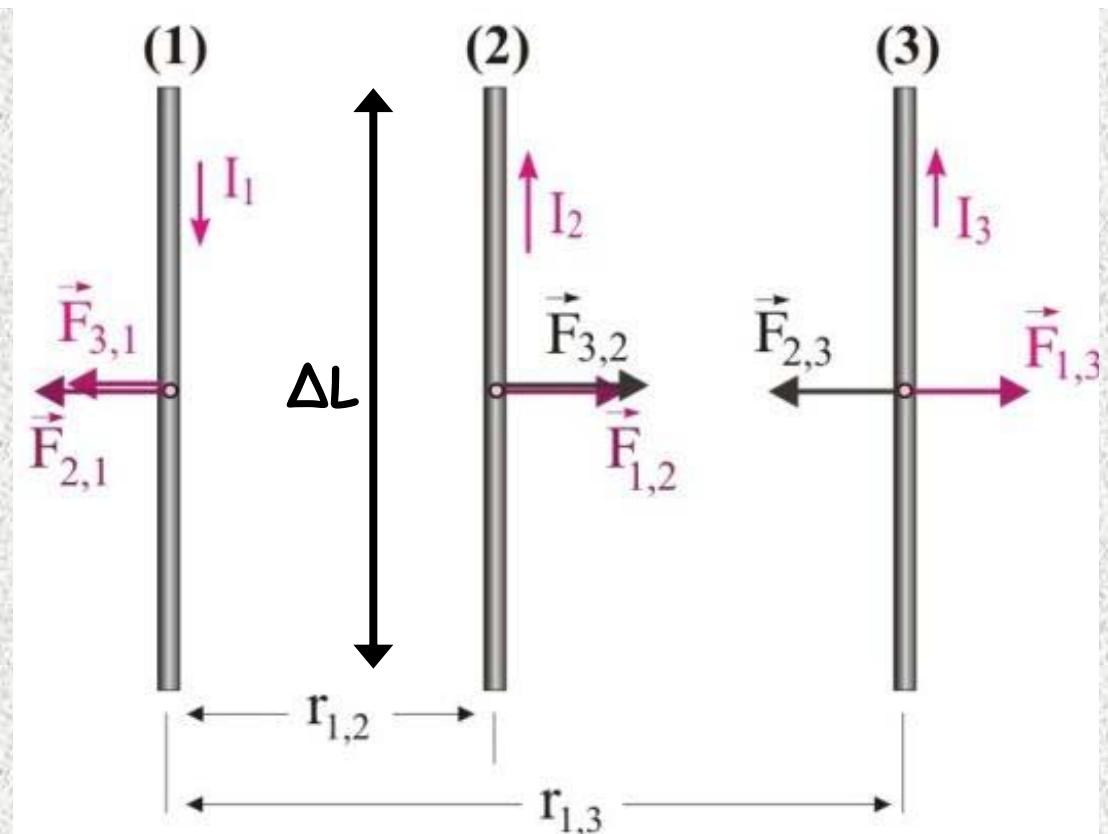
γ. (3) όταν ισχύει: $\frac{r_{1,2}}{r_{1,3}} = 1 - \frac{I_2}{I_1}$



Οι αγωγοί (1) & (2) διαρρέονται από **αντίρροπα** ρεύματα, άρα **απωθούνται** μεταξύ τους.

Οι αγωγοί (2) & (3) διαρρέονται από **ομόρροπα** ρεύματα, άρα **έλκονται** μεταξύ τους.

Οι αγωγοί (1) & (3) διαρρέονται από **αντίρροπα** ρεύματα, άρα **απωθούνται** μεταξύ τους.



Ο αγωγός στον οποίο οι ασκούμενες δυνάμεις έχουν αντίθετες κατευθύνσεις είναι ο **(3)**.

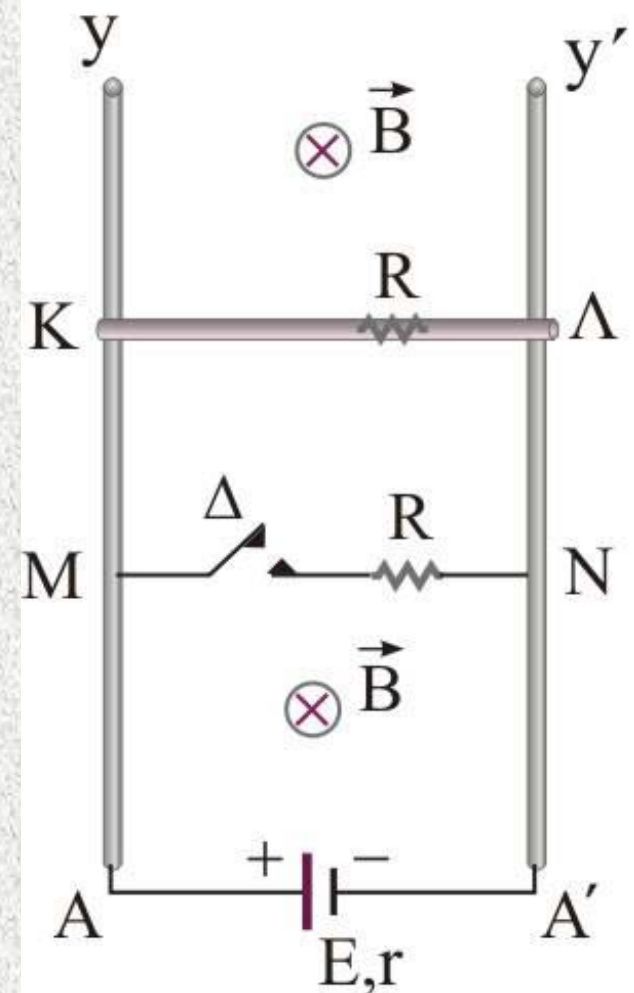
$$\Sigma F = 0 \rightarrow F_{1,3} = F_{2,3} \rightarrow k_{\mu} \frac{2I_1 I_3 \Delta L}{r_{1,3}} = k_{\mu} \frac{2I_2 I_3 \Delta L}{r_{1,3} - r_{1,2}} \rightarrow \frac{r_{1,3} - r_{1,2}}{r_{1,3}} = \frac{I_2}{I_1}$$

$$\frac{r_{1,2}}{r_{1,3}} = 1 - \frac{I_2}{I_1} \quad \gamma.$$

B4. Οι κατακόρυφοι παράλληλοι αγωγοί Ay , $A'y'$ συνδέονται στα άκρα A και A' με ηλεκτρική πηγή ΗΕΔ (E) και εσωτερικής αντίστασης r . Ο αγωγός $K\Lambda$ που έχει αντίσταση R , μάζα m και μήκος L , εφάπτεται στους Ay , $A'y'$, μπορεί να κινείται **χωρίς τριβές** μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης B , του οποίου οι δυναμικές γραμμές είναι **κάθετες** στο επίπεδο των αγωγών Ay , $A'y'$. Ο αγωγός $K\Lambda$ **ισορροπεί**. Κλείνουμε το διακόπτη Δ . Θεωρούμε ότι όταν κλείνει ο διακόπτης Δ , η δύναμη που δέχεται ο αγωγός $K\Lambda$ εξαιτίας του μαγνητικού πεδίου του MN είναι **αμελητέα**.

Ο αγωγός $K\Lambda$ θα:

- α.** εξακολουθήσει να ισορροπεί.
- β.** κινηθεί προς τα κάτω.
- γ.** κινηθεί προς τα πάνω.



$$\Sigma F = 0 \rightarrow mg = F_L$$

Διακόπτης ανοικτός

$$I_k = \frac{E}{R + r}$$

→

$$F_L = B \frac{E}{R + r} L \quad (1)$$

$$F_L = BIL$$

Διακόπτης κλειστός

$$R_{\text{ολ}} = r + \frac{RR}{R + R} = r + \frac{R}{2}$$

$$I_k = \frac{E}{\frac{R}{2} + r}$$

$$I' = \frac{I_k}{2} = \frac{E}{2r + R}$$

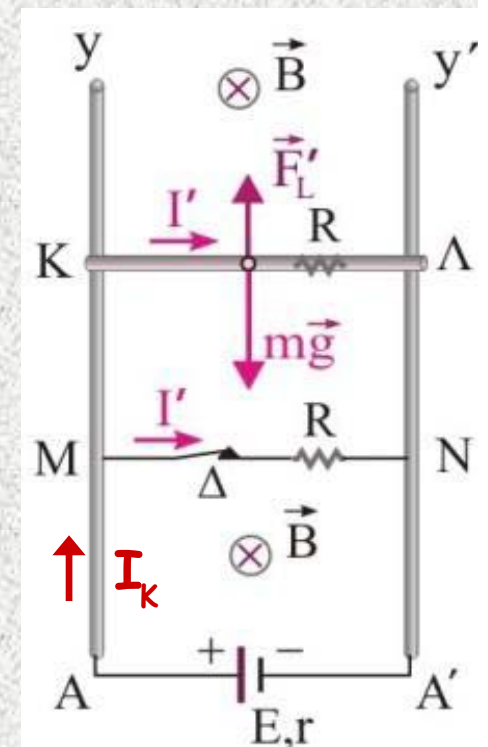
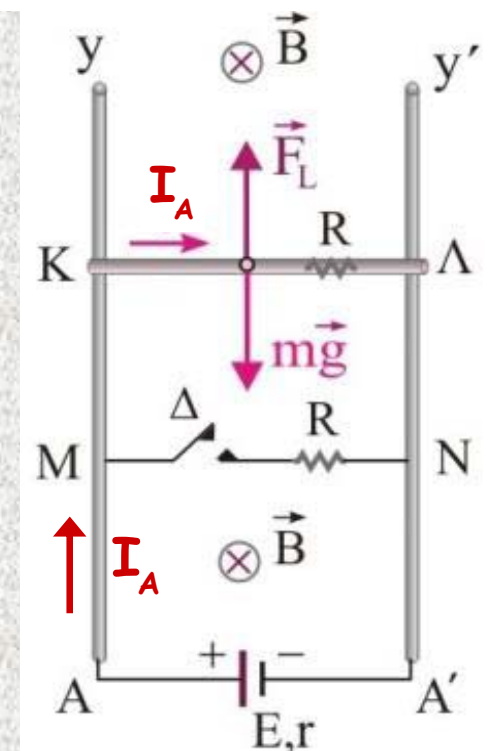
$$\rightarrow F'_L = B \frac{E}{2r + R} L \quad (2)$$

$$F'_L = BI'L$$

$$(1), (2) \rightarrow F'_L < F_L$$

Άρα ο αγωγός ΚΛ θα κινηθεί προς τα κάτω.

β.



Γ. Με αγώγιμο άκαμπτο σύρμα μήκους $0,6\text{m}$, που παρουσιάζει αντίσταση 9Ω , σχηματίζουμε **ισόπλευρο** τρίγωνο $AB\Gamma$. Στα άκρα A και B συνδέουμε με αγωγούς **αμελητέας** αντίστασης, πηγή με ΗΕΔ $E=6\text{V}$ και $r=1\Omega$.

Τοποθετούμε το τρίγωνο εντός ομογενούς μαγνητικού πεδίου έντασης $B=0,3\text{T}$, με τρόπο που το **επίπεδό** του να είναι **κάθετο** στις δυναμικές γραμμές του. Να υπολογίσετε:

Γ1. Τις εντάσεις των ρευμάτων που διαρρέουν κάθε πλευρά του τριγώνου.

$$R_1 = R_2 = R_3 = R = 3\Omega$$

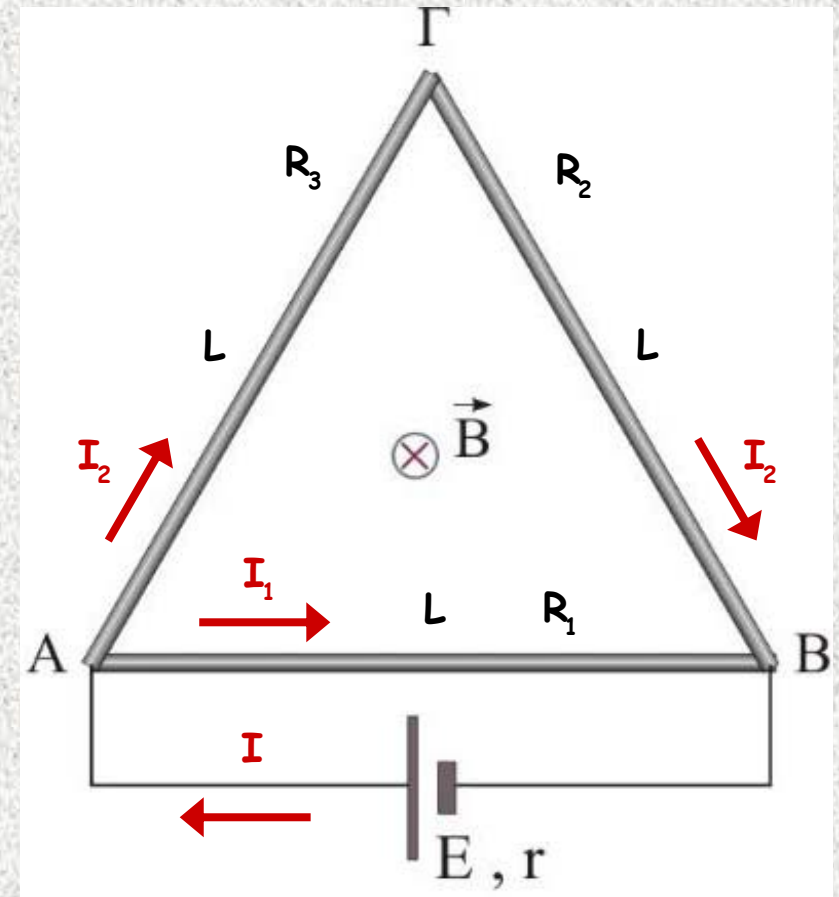
$$R_{2,3} = R_2 + R_3 = 6\Omega$$

$$\frac{1}{R_{1,2,3}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_{2,3}} \rightarrow R_{1,2,3} = 2\Omega$$

$$R_{\text{ολ}} = R_{1,2,3} + r = 3\Omega \quad I = \frac{E}{R_{\text{ολ}}} = 2\text{A}$$

$$V_{AB} = E - Ir = 4\text{V}$$

$$I_1 = \frac{V_{AB}}{R_1} = \frac{4}{3}\text{A} \quad I_2 = \frac{V_{AB}}{R_{2,3}} = \frac{2}{3}\text{A}$$

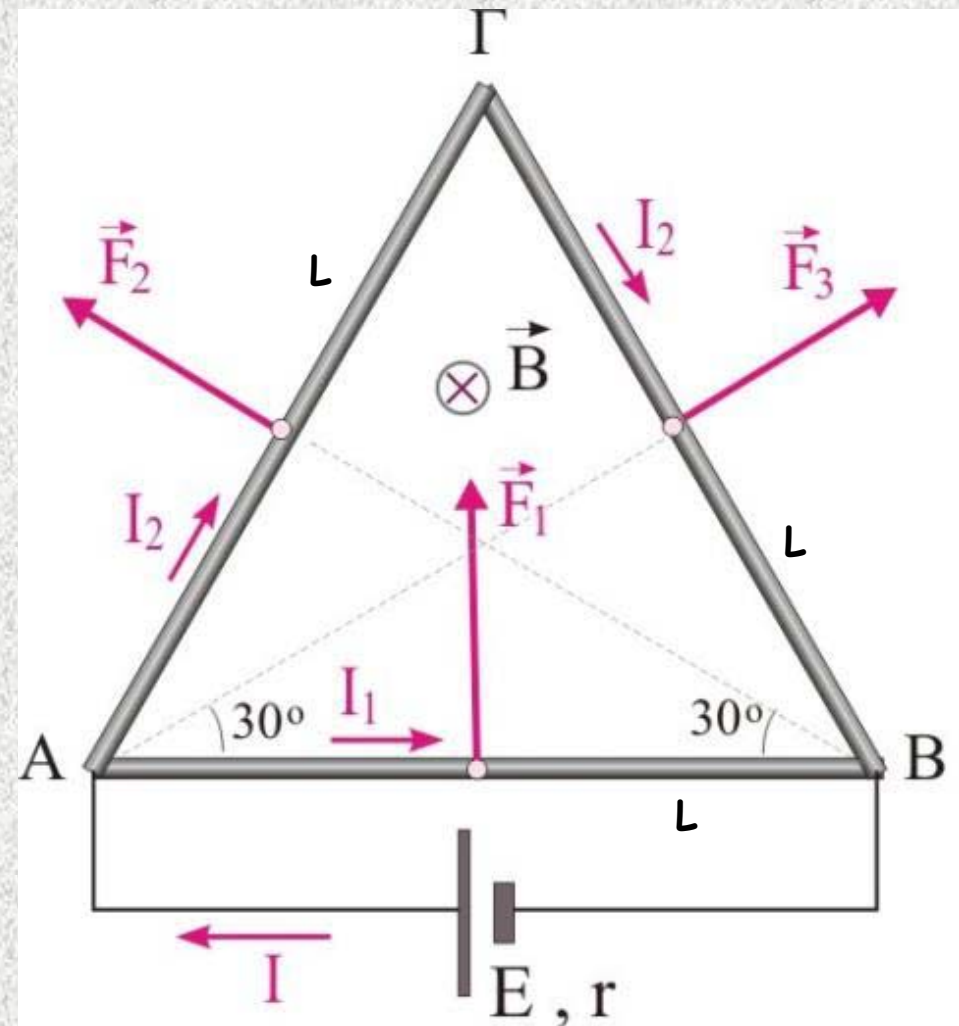


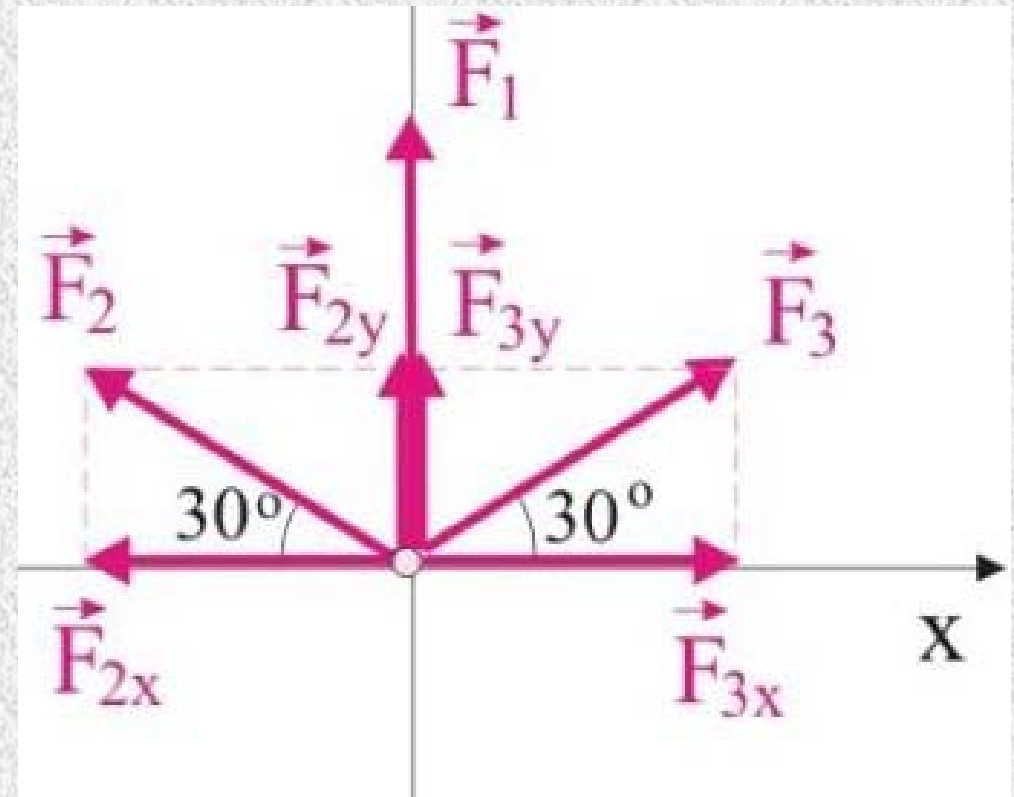
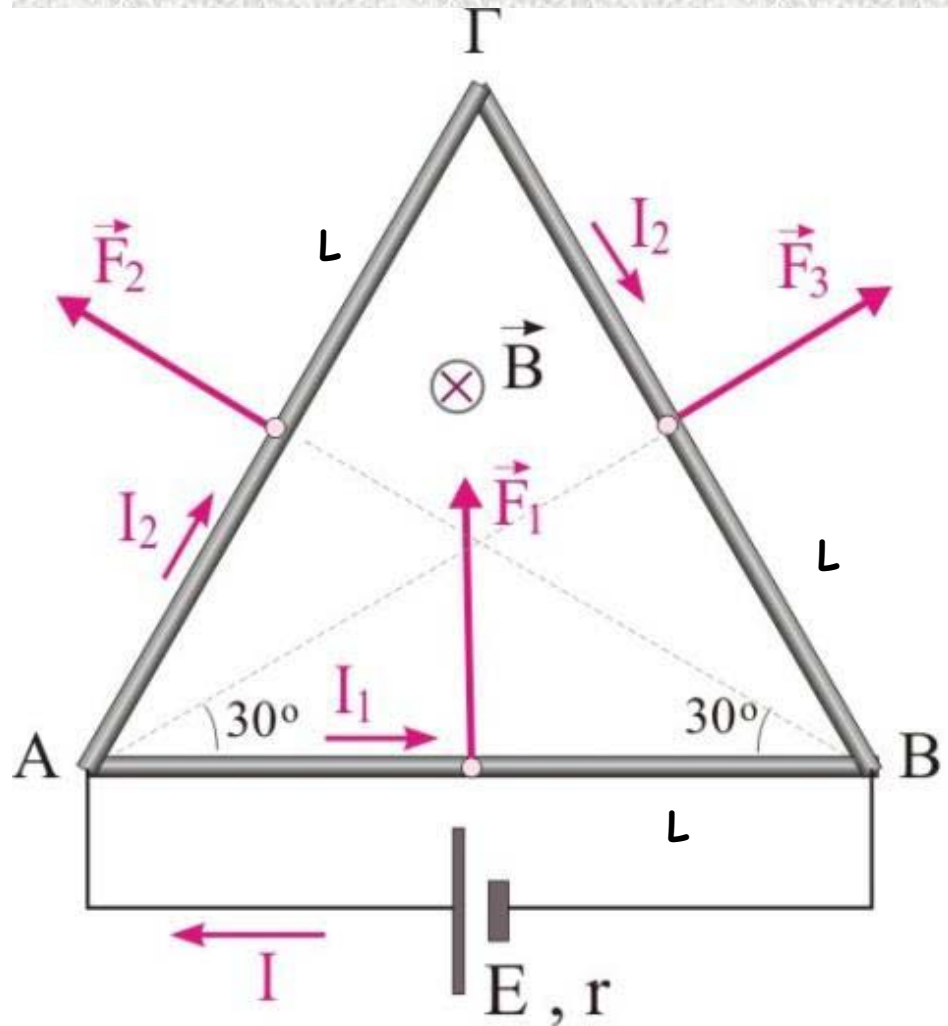
Γ2. Τη δύναμη Laplace που δέχεται κάθε πλευρά του τριγώνου, καθώς και τη συνισταμένη αυτών.

$$F_1 = BI_1L = 0,08\text{N}$$

$$F_2 = BI_2L = 0,04\text{N}$$

$$F_3 = BI_2L = 0,04\text{N}$$





$$F_1 = 0,08\text{N} \quad F_2 = 0,04\text{N} \quad F_3 = 0,04\text{N}$$

$$F_{2x} = F_2 \sin 30^\circ = 0,04 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \text{N}$$

$$F_{2y} = F_2 \cos 30^\circ = 0,02\text{N}$$

$$F_{3x} = F_3 \sin 30^\circ = 0,04 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \text{N}$$

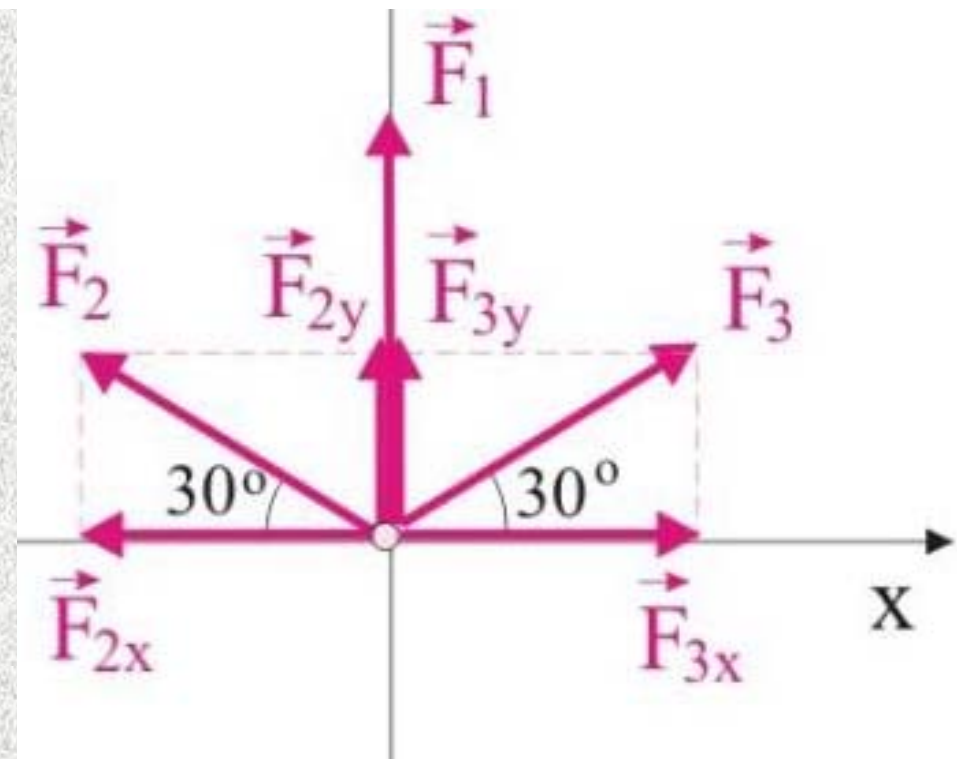
$$F_{3y} = F_3 \cos 30^\circ = 0,02\text{N}$$

$$\Sigma F_x = F_{2x} - F_{3x} = 0$$

$$\Sigma F_y = F_1 + F_{2y} - F_{3y} = 0,12\text{N}$$

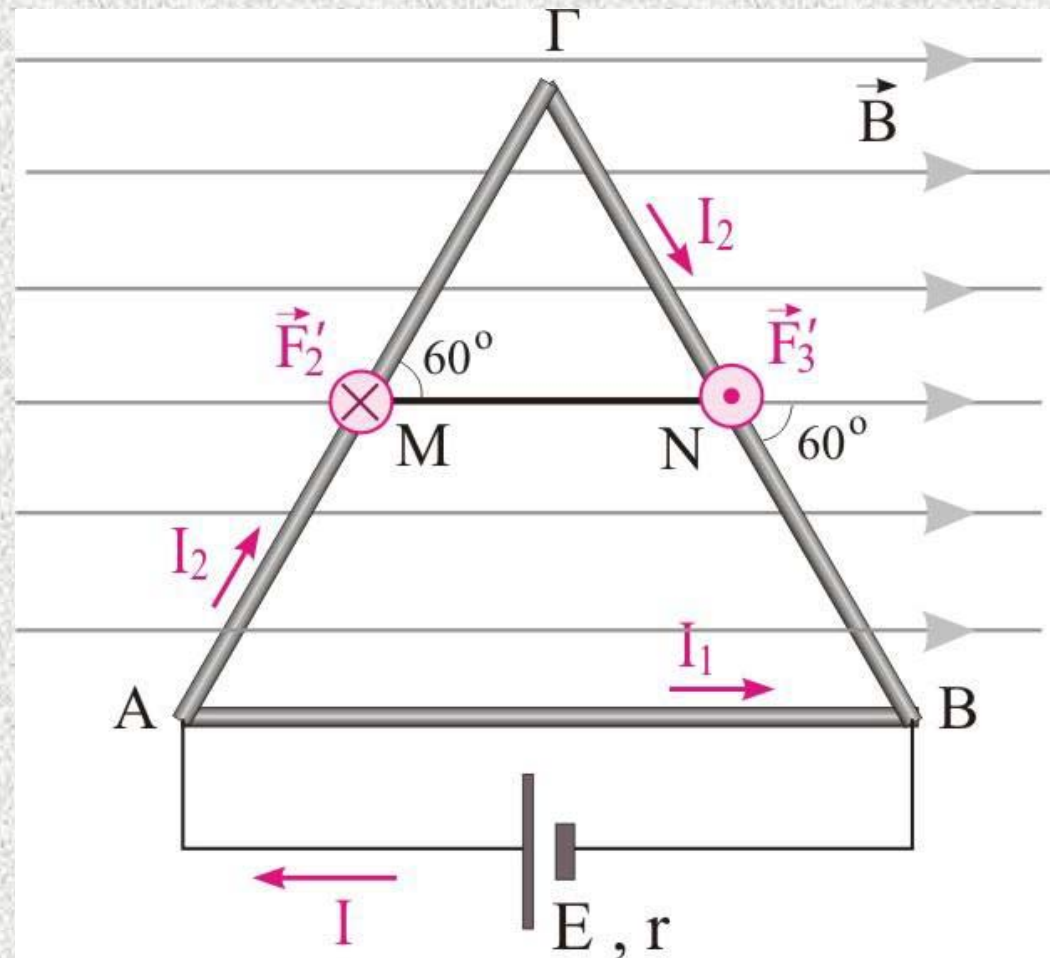
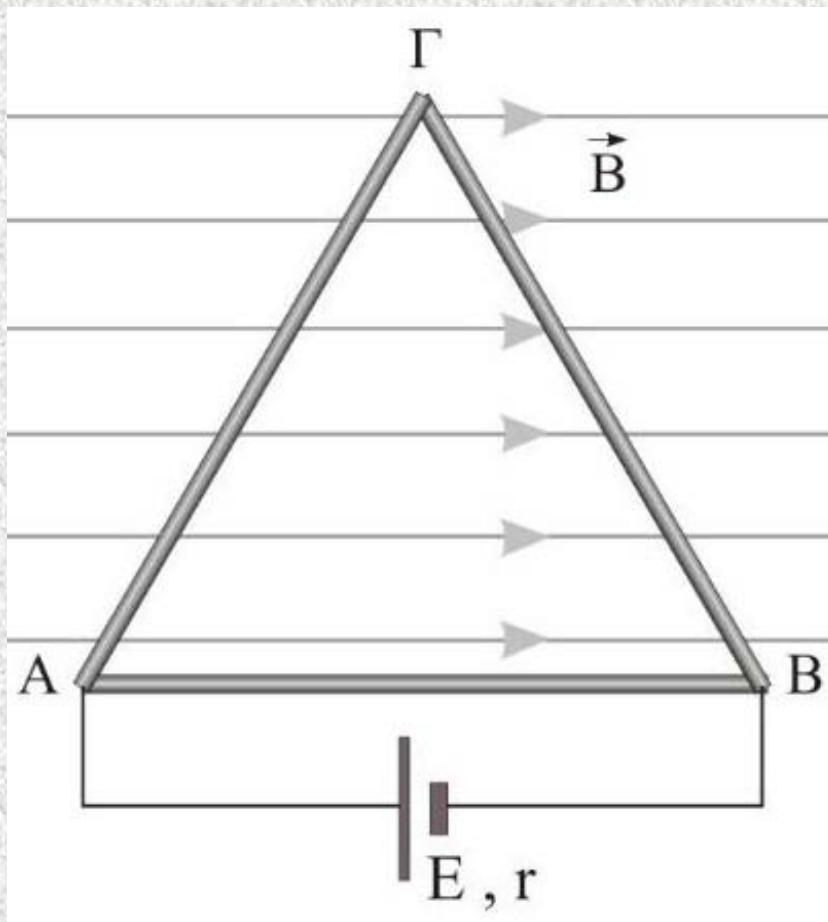
$$\Sigma F = 0,12\text{N}$$

Με διεύθυνση κατακόρυφη και φορά προς τα πάνω.



Στρέφουμε το μαγνητικό πεδίο κατά 90° , έτσι ώστε η πλευρά AB και το **επίπεδο** του τριγώνου να είναι **παράλληλο** με τις δυναμικές γραμμές του μαγνητικού πεδίου.

Γ3. Να υπολογίσετε τη συνισταμένη δύναμη Laplace που δέχεται το τρίγωνο $AB\Gamma$ από το μαγνητικό πεδίο.

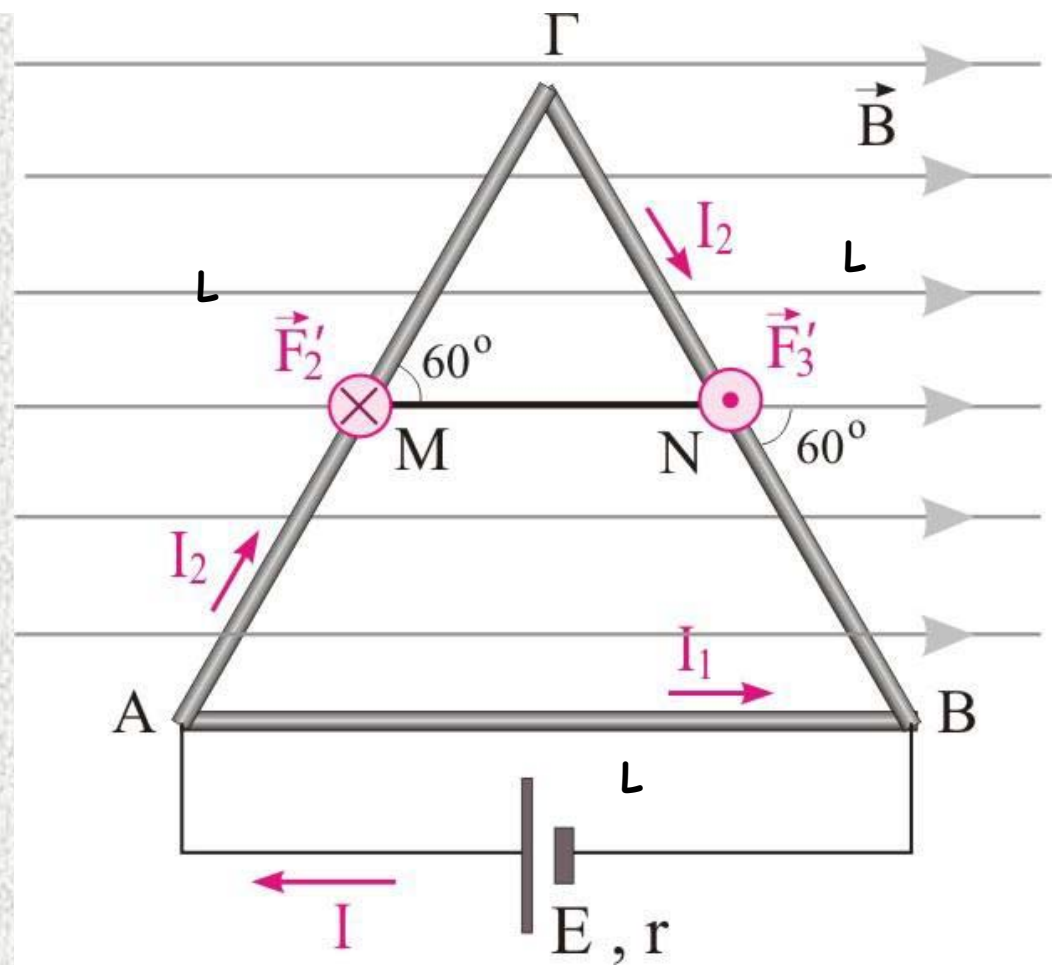


$$F'_1 = 0\text{N}$$

$$F'_2 = BI_2L \cdot \eta \mu 60^\circ = 0,02\sqrt{3}\text{N}$$

$$F'_3 = BI_2L \cdot \eta \mu 60^\circ = 0,02\sqrt{3}\text{N}$$

$$\Sigma F = 0$$



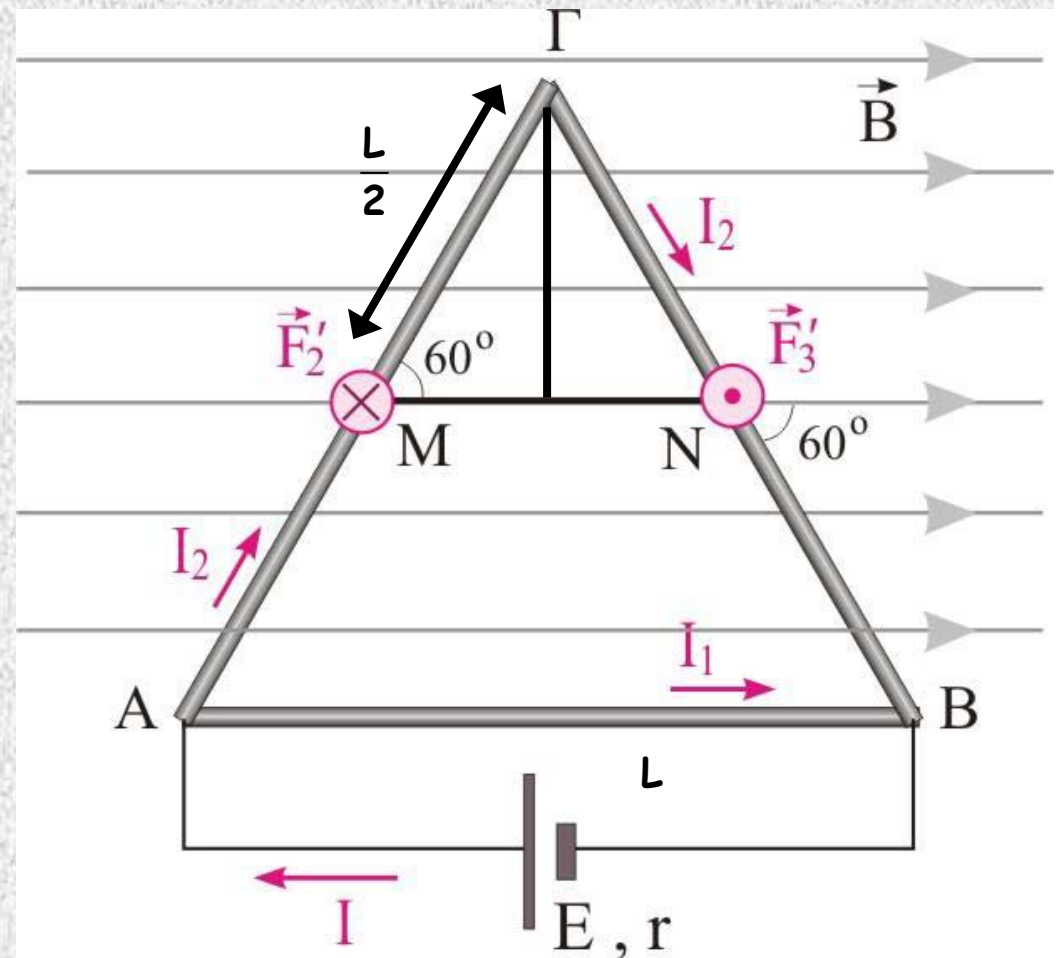
Γ4. Να υπολογίσετε το μέτρο της συνισταμένης **ροπής**, που δέχεται το τρίγωνο **ABΓ** από το μαγνητικό πεδίο.

$$\Sigma \tau = F'_2 \cdot (MN)$$

$$\cos 60^\circ = \frac{MN}{\frac{L}{2}} \rightarrow MN = \frac{L}{2}$$

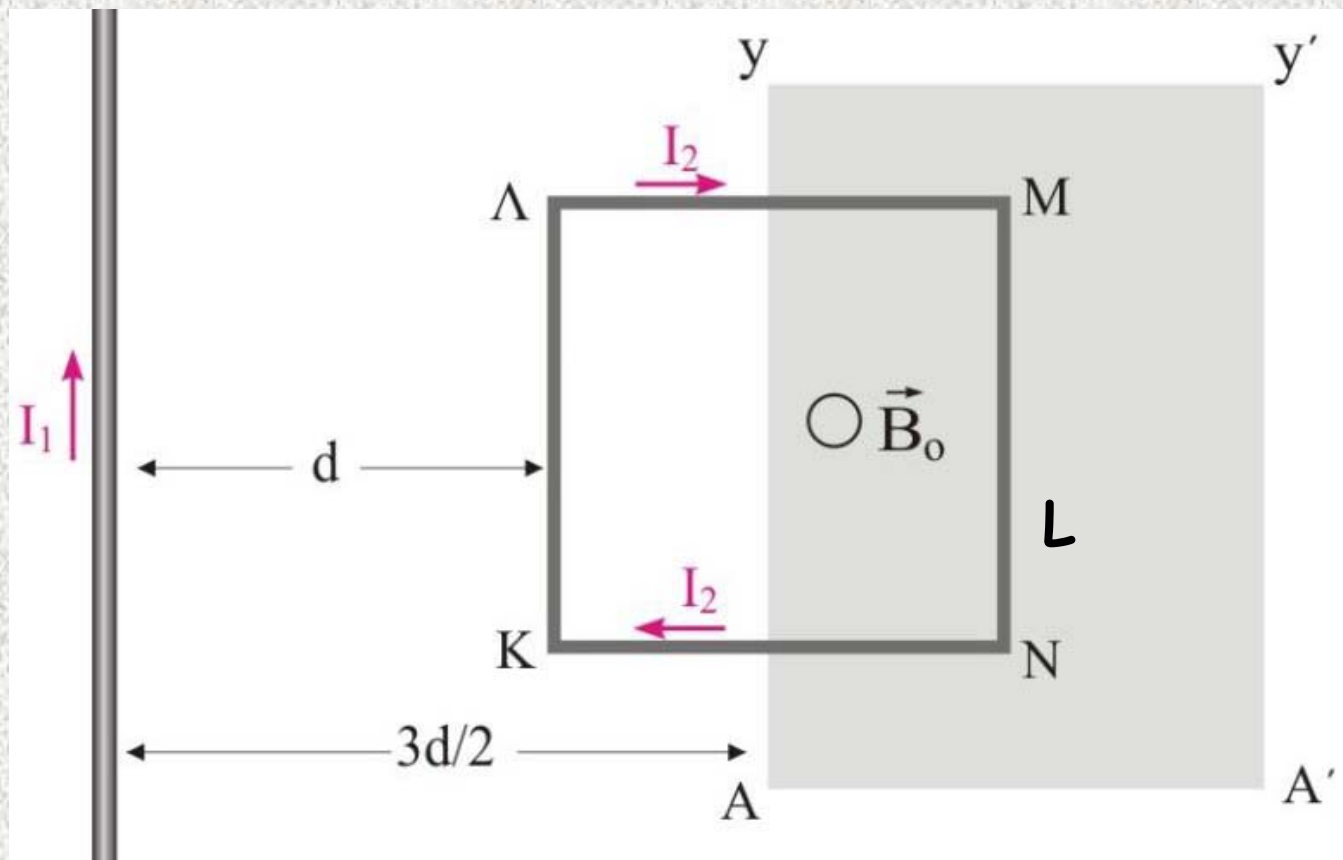
$$\Sigma \tau = F'_2 \cdot \frac{L}{2}$$

$$\Sigma \tau = 2\sqrt{3} \cdot 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{m}$$

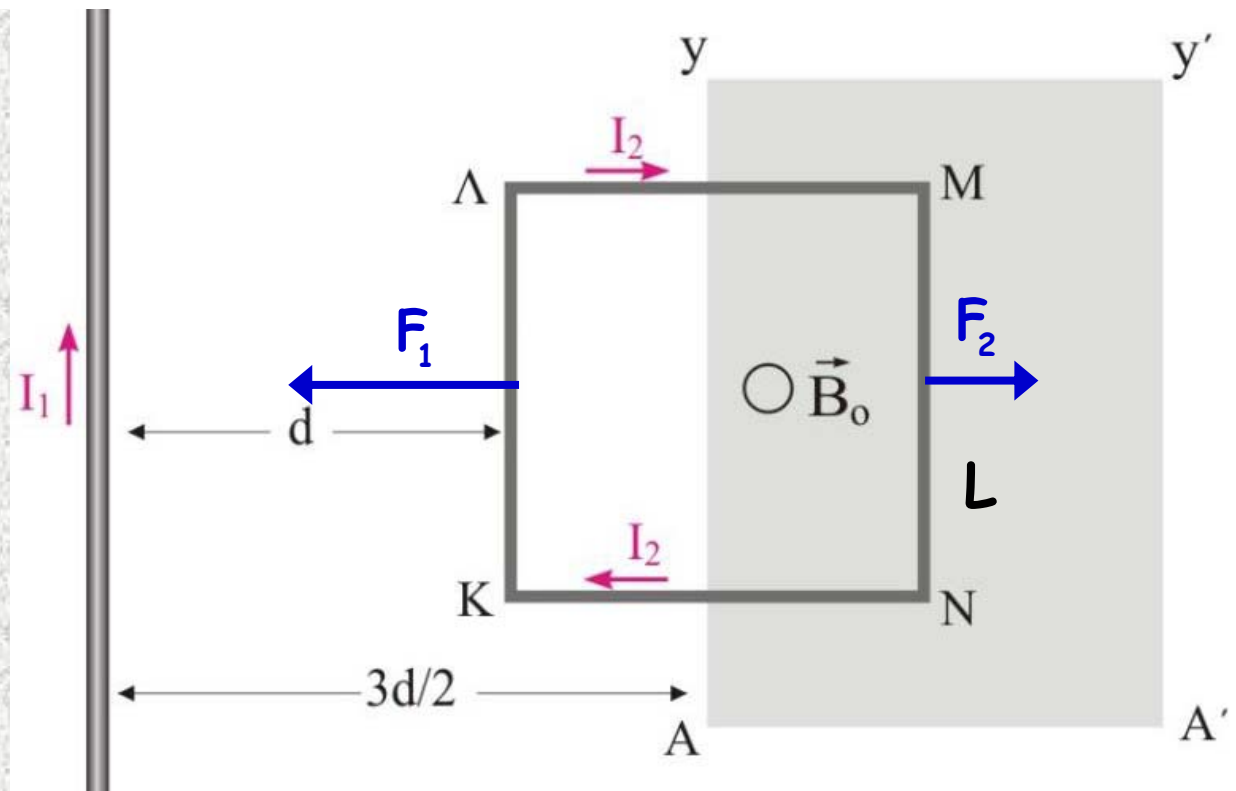


Δ. Ένας ευθύγραμμος αγωγός μεγάλου μήκους που διαρρέεται από ρεύμα έντασης $I_1=20A$ και βρίσκεται σε απόσταση $d=0,1m$ ένα τετραγωνικό πλαίσιο $KLMN$, ομοεπίπεδο με τον ευθύγραμμο αγωγό. Ο αγωγός και το πλαίσιο βρίσκονται πάνω σε λείο οριζόντιο επίπεδο. Το πλαίσιο έχει πλευρά μήκους $L=0,1m$, μάζα $m=0,1kg$ και διαρρέεται με ρεύμα έντασης $I_2=10A$. Στην περιοχή που ορίζουν οι ευθείες Ay και $A'y'$ υπάρχει κατακόρυφο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης B_0 . Το πλαίσιο ισορροπεί λόγω των δυνάμεων που δέχεται από τον ευθύγραμμο αγωγό και το μαγνητικό πεδίο B_0 , ενώ ο ευθύγραμμος κρατιέται ακίνητος από εμάς.

Δ1. Να υπολογίσετε τις δυνάμεις που δέχονται οι πλευρές KA και MN από τον ευθύγραμμο αγωγό.



Δ1. Να υπολογίσετε τις δυνάμεις που δέχονται οι πλευρές **ΚΛ** και **ΜΝ** από τον ευθύγραμμο αγωγό.



$$F_1 = k_\mu \frac{2 \cdot I_1 \cdot I_2 \cdot L}{d} = 4 \cdot 10^{-5} \text{ N}$$

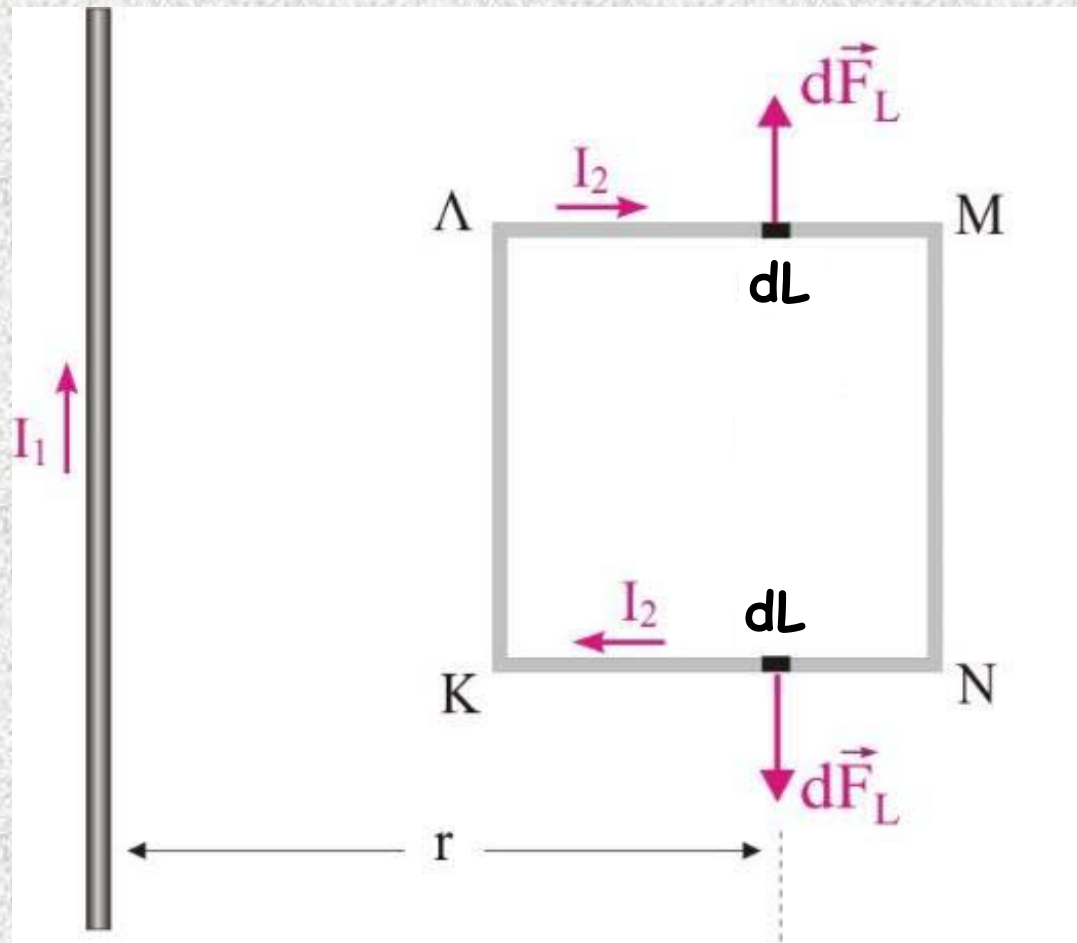
$$F_2 = k_\mu \frac{2 \cdot I_1 \cdot I_2 \cdot L}{d + L} = 2 \cdot 10^{-5} \text{ N}$$

Δ2. Να αποδείξετε ότι οι δυνάμεις που δέχονται οι πλευρές **ΛΜ** και **ΚΝ** από τον ευθύγραμμο αγωγό, είναι **αντίθετες** και έχουν τον ίδιο φορά.

Αν θεωρήσουμε δύο στοιχειώδη τμήματα μήκους **dL** που απέχουν **ίσες** αποστάσεις από τον ευθύγραμμο αγωγό, δέχονται **αντίθετες** δυνάμεις του ίδιου φορά που έχουν μέτρο:

$$dF_L = B_1 \cdot I_2 \cdot dL = k_\mu \frac{2 \cdot I_1}{r} I_2 dL$$

Οι δυνάμεις αυτές είναι **κάθετες** στους αγωγούς **ΛΜ** και **ΚΝ**.
Η δύναμη που ασκείται στο στοιχειώδες τμήμα που ανήκει στην **ΛΜ** έχει φορά προς τα **πάνω** και αυτή που ασκείται στο στοιχειώδες τμήμα που ανήκει στην **ΚΝ** προς τα **κάτω**.



Αφού αυτό ισχύει για δύο στοιχειώδη τμήματα, θα ισχύει και για κάθε άλλο ζεύγος στοιχειωδών τμημάτων. Άρα ...

Δ3. Να υπολογίσετε τη δύναμη που δέχεται ο ευθύγραμμος αγωγός από το πλαίσιο.

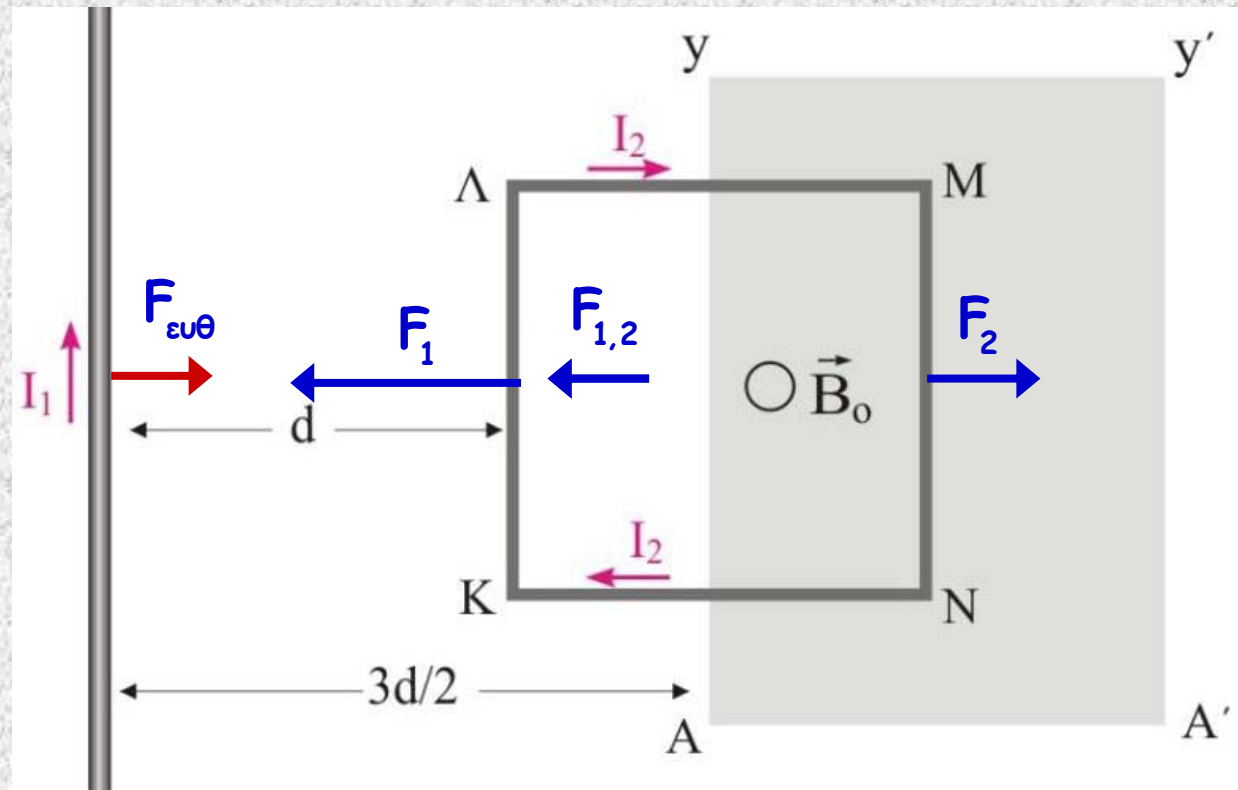
$$F_1 = 4 \cdot 10^{-5} \text{ N}$$

$$F_2 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ N}$$

$$F_{1,2} = F_1 - F_2 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ N}$$

Ο ευθύγραμμος αγωγός, λόγω δράσης-αντίδρασης, θα δεχθεί από το πλαίσιο μια αντίθετη δύναμη προς τα δεξιά μέτρου:

$$F_{\text{ευθ}} = 2 \cdot 10^{-5} \text{ N}$$

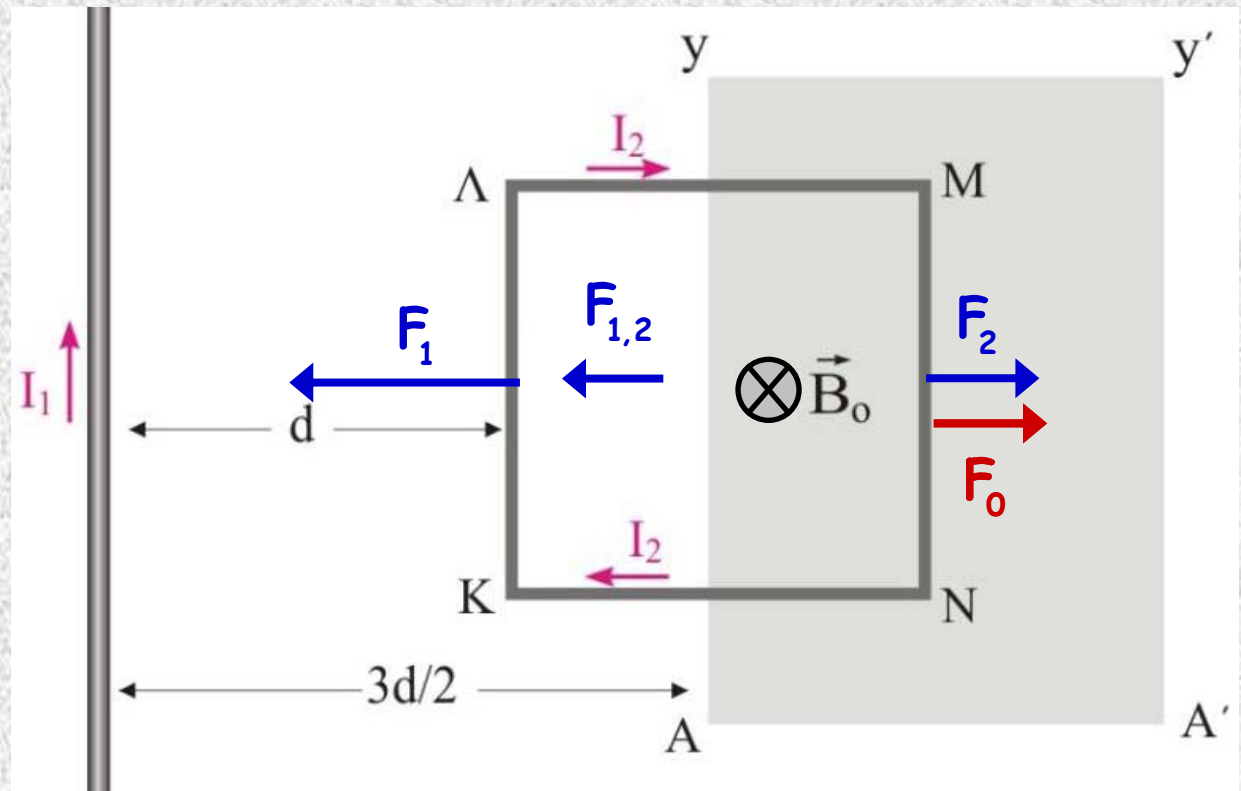


Δ4. Να προσδιορίσετε την κατεύθυνση των δυναμικών γραμμών του μαγνητικού πεδίου \vec{B}_0 , καθώς και το μέτρο της έντασής του.

Για να παραμένει σε **ισορροπία** το πλαίσιο πρέπει η δύναμη F_0 που ασκείται από το μαγνητικό πεδίο \vec{B}_0 στο πλαίσιο, στην πλευρά **MN**, να έχει φορά προς τα **δεξιά** και μέτρο:

$$F_0 = F_{1,2} = 2 \cdot 10^{-5} \text{ N}$$

Με τον κανόνα των τριών δαχτύλων του δεξιού χεριού, βρίσκεται ότι οι δυναμικές γραμμές του \vec{B}_0 έχουν φορά από τον αναγνώστη προς τη σελίδα.



Διπλασιάζουμε την ένταση του ρεύματος που διαρρέει τον **ευθύγραμμο** αγωγό.
Δ5. Να προσδιορίσετε προς ποια κατεύθυνση θα κινηθεί το πλαίσιο και το μέτρο της αρχικής του επιτάχυνσης.

Ο **διπλασιασμός** της έντασης του ρεύματος που διαρρέει τον ευθύγραμμο αγωγό προκαλεί **διπλασιασμό** του μέτρου των δυνάμεων που ασκεί ο ευθύγραμμος αγωγός στις πλευρές του πλαισίου.

$$F'_1 = 8 \cdot 10^{-5} \text{ N}$$

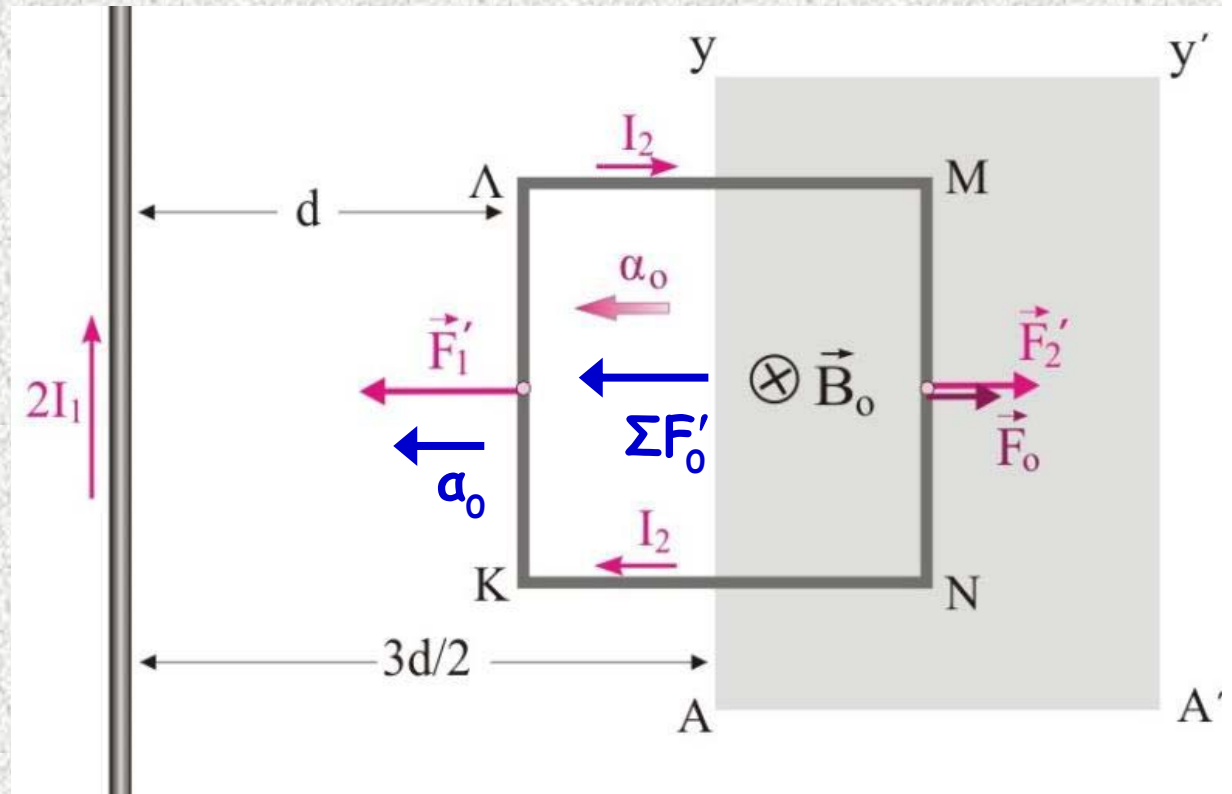
$$F'_2 = 4 \cdot 10^{-5} \text{ N}$$

$$F_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ N}$$

$$\Sigma F'_0 = F'_1 - F'_2 - F_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ N}$$

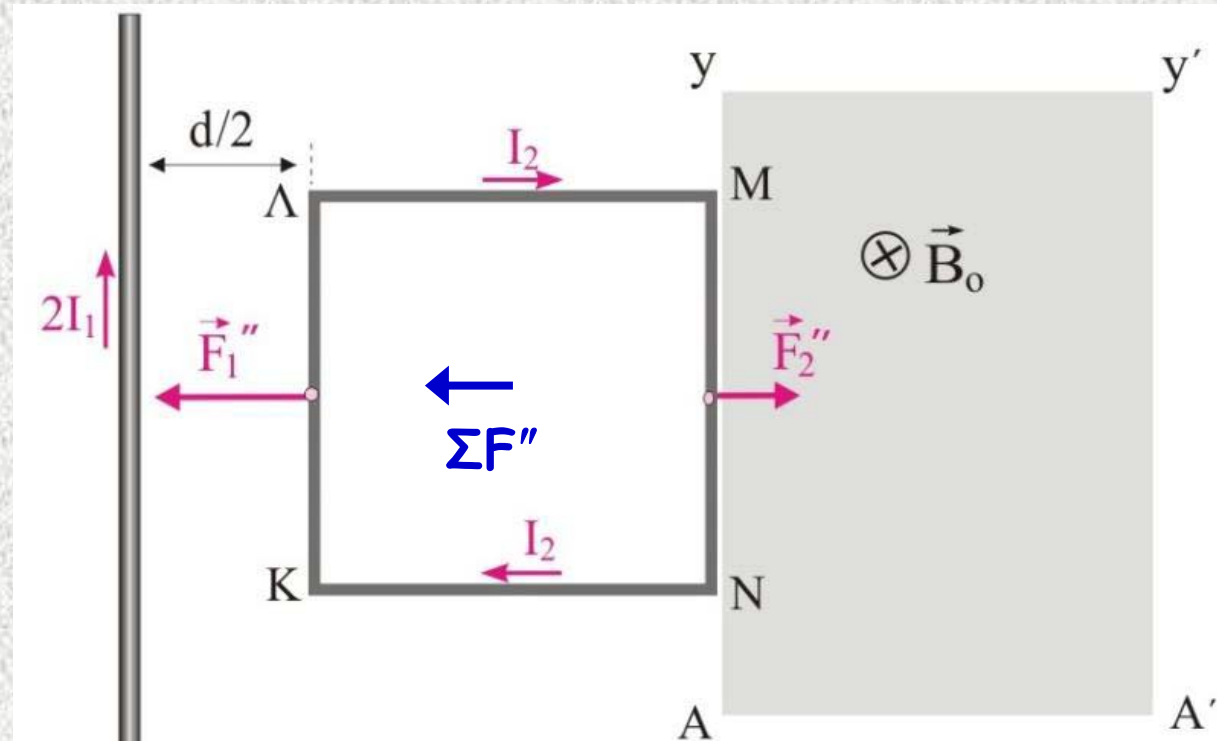
$$a_0 = \frac{\Sigma F'_0}{m} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}^2$$

με φορά προς τα αριστερά.



Δ6. Να υπολογίσετε τη δύναμη που δέχεται το πλαίσιο, αμέσως μετά την έξοδό του από το μαγνητικό πεδίο B_0 .

Τη στιγμή που το πλαίσιο εξέρχεται από το μαγνητικό πεδίο B_0 , παύει να δέχεται δύναμη απ' αυτό και δέχεται δυνάμεις μόνο από τον ευθύγραμμο αγωγό.



$$F_1'' = k_\mu \frac{2 \cdot I_1' \cdot I_2 \cdot L}{d / 2} = 16 \cdot 10^{-5} \text{ N}$$

$$F_2'' = k_\mu \frac{2 \cdot I_1' \cdot I_2 \cdot L}{3d / 2} = \frac{16}{3} \cdot 10^{-5} \text{ N}$$

$$\Sigma F'' = F_1'' - F_2'' = \frac{32}{3} \cdot 10^{-5} \text{ N}$$