

Λ Υ Σ Ε Ι Σ

ΘΕΜΑ Α

A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
β	δ	δ	γ	β	γ	β	β	δ	β

A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20
Σ	Σ	Λ	Λ	Σ	Σ	Σ	Σ	Λ	Λ

A1.β

- α☒ Η ορμή μεταβάλλεται ως διάνυσμα, έχει όμως σταθερό μέτρο.
- β☑ Η στροφορμή έχει και σταθερό μέτρο ($m v R$) και σταθερή κατεύθυνση που δίνεται από τον κανόνα του δεξιού χεριού.
- γ☒ Η κινητική ενέργεια είναι μονόμετρο μέγεθος, εξαρτάται μόνο από το μέτρο της ταχύτητας και έτσι παραμένει σταθερή.
- δ☒ Η γωνιακή ταχύτητα είναι σταθερή κατά μέτρο και κατεύθυνση (κανόνας δεξιού χεριού).

A2. δ

$$\left. \begin{aligned} R &= \frac{m v_y}{B q} = \frac{m v \eta \mu \varphi}{B q} \\ \beta &= v_x T = v \sigma \nu \eta \varphi \frac{2 \pi m}{B q} \end{aligned} \right\} \xrightarrow{(\div)} \frac{R}{\beta} = \frac{\eta \mu \varphi}{\sigma \nu \eta \varphi 2 \pi} = \frac{\varepsilon \phi \varphi}{2 \pi}$$

A3.δ

$$\left. \begin{aligned} B_K^{ε\upsilon\theta.} &= \frac{\mu_0 2 I}{4 \pi r} & (\bullet) \\ B_K^{κ\upsilon\kappa.} &= \frac{\mu_0 2 \pi I}{4 \pi r} & (\times) \end{aligned} \right\} \Rightarrow B_K^{ολικό} = B_K^{κ\upsilon\kappa.} - B_K^{ε\upsilon\theta.} = \frac{\mu_0 2 \pi I}{4 \pi r} - \frac{\mu_0 2 I}{4 \pi r} = \frac{\mu_0 2 I}{4 \pi r} (\pi - 1)$$

A4.γ

Οι ακτίνες των τροχιών είναι $R = m v / B q$. Όλοι οι πυρήνες έχουν $Z = 1$, δηλαδή 1 πρωτόνιο, άρα το ίδιο φορτίο $q = +e$. Αφού και οι ταχύτητες είναι ίδιες (και το μαγνητικό πεδίο είναι κοινό) οι ακτίνες τους θα εξαρτηθούν από τις μάζες τους. Επομένως μικρότερη ακτίνα έχει το υδρογόνο 1_1H , με μάζα $1 m_p$, ενδιάμεση ακτίνα έχει το δευτέριο 2_1H , με μάζα $1 m_p + 1 m_n \approx 2 m_p$ και μεγαλύτερη ακτίνα έχει το τρίτιο 3_1H , με μάζα $1 m_p + 2 m_n \approx 3 m_p$. Άρα: $R_{1H} = R_I$, $R_{2H} = R_{II}$, $R_{3H} = R_{III}$.

A5.β

- α☒ Φίλτρο ή Επιλογέας ταχυτήτων.
- β☑
- γ☒ Συσκευή πειράματος J J Thomson.
- Δ☒ Σωληνοειδές πηνίο.

A6.γ

Ορισμός της μονάδας 1 A (ampère) στο S.I. Προκύπτει από αντικατάσταση στον τύπο που δίνει την δύναμη μεταξύ δύο παράλληλων ρευματοφόρων αγωγών:

$$\left. \begin{array}{l} I_1 = 1 \text{ A} \\ I_2 = 1 \text{ A} \\ \ell = 1 \text{ m} \\ r = 1 \text{ m} \\ \mu_0 / 4\pi = 10^{-7} \text{ T m / A} \end{array} \right\} \Rightarrow F = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{2I_1 I_2}{r} \ell = 10^{-7} \frac{2 \cdot 1 \cdot 1}{1} \cdot 1 = 2 \cdot 10^{-7} \text{ N}$$

A7.β

Σύμφωνα με τον κανόνα του δεξιού χεριού, όπως τον εφαρμόζουμε στον νόμο των Biot & Savart η ένταση στα σημεία A και Γ θα έχει διεύθυνση κάθετη στο επίπεδο της σελίδας. Στο σημείο A θα έχει φορά από τη σελίδα προς τον αναγνώστη (⊙) και η έντασης στο σημείο Γ θα έχει φορά από τον αναγνώστη προς τη σελίδα (⊗).

A8.β

☒ Για να δέχεται μέγιστη δύναμη από το πεδίο πρέπει ο αγωγός να είναι κάθετος στο πεδίο:

$$F_{L(\max)} = BI \ell \eta \mu 90^\circ = BI \ell 1 = BI \ell$$

☒ Όταν $I \uparrow \uparrow \vec{B}$ τότε η δύναμη Laplace είναι μηδενική γιατί: $F_L = BI \ell \eta \mu 0^\circ = BI \ell 0 = 0$.

☒ Όταν $I \uparrow \downarrow \vec{B}$ τότε η δύναμη Laplace είναι πάλι μηδενική γιατί: $F_L = BI \ell \eta \mu 180^\circ = BI \ell 0 = 0$.

☒ η δύναμη Laplace, όταν υπάρχει ($\phi \neq 0^\circ, 180^\circ$) είναι πάντα κάθετη στο επίπεδο που ορίζουν το πεδίο με τον αγωγό.

A9.δ

$I_{\text{εγκ.}}$ είναι το αλγεβρικό άθροισμα των εντάσεων των ρευμάτων που βρίσκονται μέσα στην κλειστή καμπύλη (βρόχος). Το πρόσημο του κάθε ρεύματος προκύπτει από εφαρμογή του κανόνα του δεξιού χεριού (θετικά είναι τα ρεύματα που δείχνει ο αντίχειρας, όταν τα 4 δάχτυλα “τυλίγουν” την καμπύλη όπως δείχνει το σχήμα).

Επομένως το I_1 δεν υπολογίζεται στο $I_{\text{εγκ.}}$ και από τα υπόλοιπα τρία ρεύματα σύμφωνα με τον κανόνα του δεξιού χεριού έχουμε: $I_2 > 0$, $I_3 < 0$ και $I_4 < 0$. Άρα $I_{\text{εγκ.}} = I_2 - I_3 - I_4$.

A10.β

Εφόσον τα σωματίδια περάνε μέσα από το φίλτρο ταχυτήτων θα έχουν ίδια ταχύτητα ($v = E/B$) ανεξάρτητα της μάζας ή του φορτίου τους. Στο δεύτερο μαγνητικό πεδίο (B') εκτελούν ΟΚΚ διαγράφοντας ημικύκλια με ακτίνες $R_2 > R_1$, όπως φαίνεται από το σχήμα.

$$\left. \begin{array}{l} R_2 = \frac{m_2 v}{B' q_2} \\ R_1 = \frac{m_1 v}{B' q_1} \end{array} \right\} R_2 > R_1 \Rightarrow \frac{m_2 v}{B' q_2} > \frac{m_1 v}{B' q_1} \Rightarrow \frac{m_2}{q_2} > \frac{m_1}{q_1} \Rightarrow m_2 q_1 > m_1 q_2 \therefore$$



A11.Σ

Αφού το επίπεδο του αγωγού σχηματίζει γωνία 30° με το μαγνητικό πεδίο, το κάθετο διάνυσμα στην επιφάνεια του αγωγού θα σχηματίζει γωνία 60° με το μαγνητικό πεδίο. Αυτή είναι και η γωνία που μπαίνει στον τύπο της μαγνητικής ροής:

$$\Phi_B = B A \sigma \nu \alpha = B A \sigma \nu 60^\circ$$

Αλλά $\sigma \nu 60^\circ = \eta \mu 30^\circ$, αφού $60^\circ + 30^\circ = 90^\circ$. επομένως ο τύπος της μαγνητικής ροής γίνεται:

$$\Phi_B = B A \sigma \nu 60^\circ = B A \eta \mu 60^\circ$$

A12.Σ

$$L = m v R = m v \frac{m v}{B |q|} \Rightarrow L = \frac{m^2 v^2}{B |q|} \therefore$$

A13.Λ

Η ένταση του μαγνητικού πεδίου είναι διάνυσμα εφαπτόμενο στις δυναμικές γραμμές, έχει τη φορά τους και το μέτρο της είναι ανάλογο με την πυκνότητά τους.

A14.Λ

Η δύναμη Lorentz είναι πάντα κάθετη στην ταχύτητα (στο επίπεδο που ορίζει η ταχύτητα με την ένταση του μαγνητικού πεδίου). Επομένως δεν έχει έργο. Έτσι η κινητική ενέργεια του σωματιδίου παραμένει σταθερή και τελικά η ταχύτητά του, κατά μέτρο. Αυτά συμβαίνουν είτε η κίνηση είναι ΟΚΚ, είτε ελικοειδής.

$$\vec{F}_{LO} \perp \vec{v} \Rightarrow \vec{F}_{LO} \perp d\vec{x} \Rightarrow W_{F_{LO}} = 0 \xrightarrow{\text{ΘΜΚΕ}} \Delta K = 0 \Rightarrow K = \text{σταθ.} \Rightarrow |\vec{v}| = \text{σταθ.}$$

A15.Σ

Ομογενές μαγνητικό πεδίο: $\vec{B} = \text{σταθ.}$ και οι δυναμικές γραμμές, που η πυκνότητά τους είναι ανάλογη με την ένταση, θα παρουσιάζουν σταθερή πυκνότητα.

A16.Σ

Έτσι κατέληξε στο συμπέρασμα ότι κάθε υλικό (που είχε στην κάθοδο) είχε μέσα του (και εξέπεμπε) τα ίδια, ακριβώς, σωματίδια που ήταν πολύ μικρότερα από τα άτομα, και αρνητικά φορτισμένα. Τα σωματίδια αυτά ονομάστηκαν ηλεκτρόνια και έτσι το άτομο έπαψε να είναι “ά-τομο” και έγινε “τμητό”, δηλαδή απέκτησε εσωτερική δομή. Ο Thomson πρότεινε το πρώτο ατομικό μοντέλο (το μοντέλο του “σταφιδόψωμου”), πήρε και ένα Nobel για την ανακάλυψη του ηλεκτρονίου, and the rest is history...

A17.Σ

Στο φίλτρο ταχυτήτων τα σωματίδια εξέρχονται ευθύγραμμα γιατί οι δυνάμεις που τους ασκούνται είναι ίσου μέτρου και αντίθετης κατεύθυνσης. Αυτές είναι:

$$\left. \begin{array}{l} F_{\eta\lambda.} = |q| E \\ F_{LO} = B v |q| \end{array} \right\} \Sigma F = 0 \Rightarrow F_{\eta\lambda.} = F_{LO} \Rightarrow v = \frac{E}{B}$$

Αν, τώρα, διπλασιαστούν ταυτόχρονα οι εντάσεις των δύο πεδίων ($E' = 2E$ & $B' = 2B$) θα έχουμε και πάλι $\Sigma F = 0$ και έτσι πάλι τα σωματίδια θα κινούνται και θα εξέρχονται ευθύγραμμα:

$$\left. \begin{array}{l} F'_{\eta\lambda.} = |q| E' = |q| 2E \\ F'_{LO} = B' v |q| = 2B v |q| \xrightarrow{v = \frac{E}{B}} F'_{LO} = 2B \frac{E}{B} |q| = |q| 2E = F'_{\eta\lambda.} \end{array} \right\} \Sigma F' = F'_{\eta\lambda.} - F'_{LO} = F'_{\eta\lambda.} - F'_{\eta\lambda.} = 0 \longrightarrow EOK$$

A18.Σ

...πρόταση του σχολικού βιβλίου.

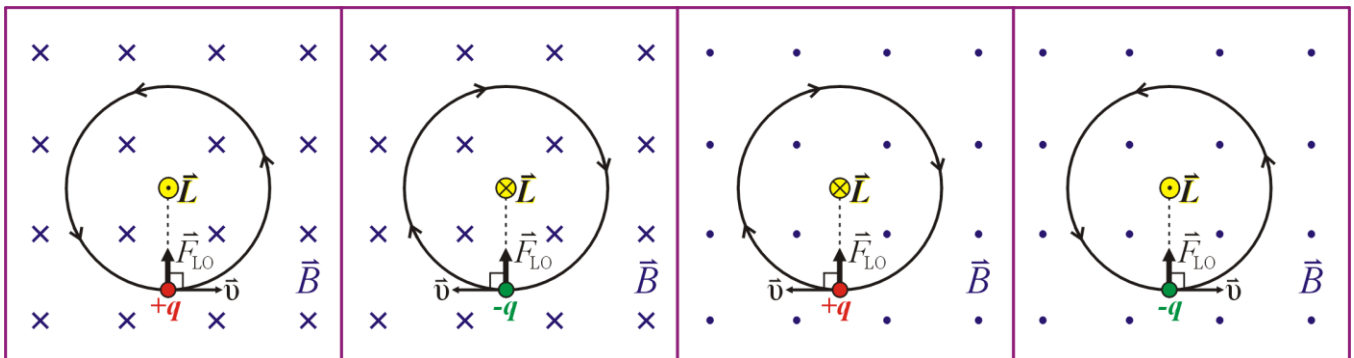
A19.Λ

Δύο παράλληλοι ρευματοφόροι αγωγοί απείρου μήκους έλκονται όταν διαρρέονται από ομόρροπα ρεύματα και απωθούνται όταν διαρρέονται από αντίρροπα ρεύματα. Ο τύπος της δύναμης είναι:

$$F = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{2I_1 I_2}{r} \ell$$

A20.Λ

Για να εκτελεί ΟΚΚ το σωματίδιο θα πρέπει η ταχύτητά του να είναι κάθετη στη ένταση του πεδίου. Διακρίνουμε 4 περιπτώσεις κινήσεων θετικών και αρνητικών φορτίων σε ΟΜΠ:



Παρατηρούμε ότι ο συνδυασμός ταχύτητας, έντασης μαγνητικού πεδίου και πρόσημου του φορτίου μας δίνει (σύμφωνα με τον κανόνα του δεξιού χεριού) τη φορά της δύναμης Lorentz, άρα και το κέντρο της τροχιάς. Στη συνέχεια με βάση τη φορά διαγραφής της τροχιάς και τον αντίστοιχο κανόνα του δεξιού χεριού βρίσκουμε τη φορά της στροφορμής σε κάθε περίπτωση.

Τελικό συμπέρασμα:

$$q > 0 \Rightarrow \vec{L} \uparrow \downarrow \vec{B} \quad \& \quad q < 0 \Rightarrow \vec{L} \uparrow \uparrow \vec{B}$$



ΘΕΜΑ Β

B1. (i)

• Κυκλικό πλαίσιο: $B_1 = N \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{2\pi I_1}{r}$ • Σωληνοειδές Πηνίο: $B_2 = \mu_0 I_2 \frac{N}{\ell}$

► Αφού $B_1 = B_2$ έχουμε: $N \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{2\pi I_1}{r} = \mu_0 I_2 \frac{N}{\ell} \Rightarrow \frac{I_1}{2r} = \frac{I_2}{\ell} \Rightarrow \frac{I_1}{2r} = \frac{I_2}{4r} \Rightarrow I_2 = 2I_1$ (1)

Από τους νόμους του Ohm (για ιδανικές πηγές – χωρίς εσωτερική αντίσταση) έχουμε:

$$\left. \begin{aligned} \bullet I_1 &= \frac{E_1}{R_{\text{πλαίσιο}}} = \frac{E_1}{R^* L_1} \\ \bullet I_2 &= \frac{E_2}{R_{\text{πηνίου}}} = \frac{E_2}{R^* L_2} \end{aligned} \right\} \xrightarrow{(1)} \frac{E_2}{R^* L_2} = 2 \frac{E_1}{R^* L_1} \Rightarrow E_2 = 2E_1 \frac{L_2}{L_1} \quad (2)$$

Το μήκος του σύρματος που χρησιμοποιήθηκε για το κυκλικό πλαίσιο είναι: $L_1 = N 2\pi r$

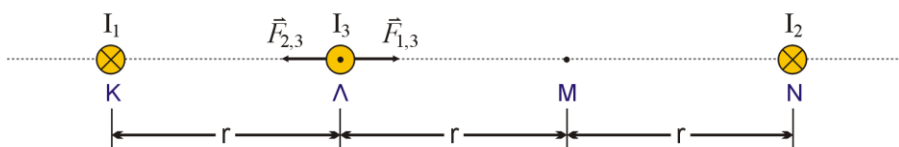
Το μήκος του σύρματος που χρησιμοποιήθηκε για το πηνίο είναι: $L_2 = N 2\pi r' = N 2\pi \frac{r}{10} \Rightarrow L_2 = \frac{L_1}{10}$ (3)

Από τις σχέσεις (2) & (3) έχουμε:

$$E_2 = 2E_1 \frac{L_1}{L_1/10} = 2E_1 \frac{10}{1} \Rightarrow E_2 = \frac{E_1}{5} \Rightarrow E_1 = 5E_2 \quad \therefore \quad \dots \text{άρα σωστό το (i)}$$

B2. (ii)

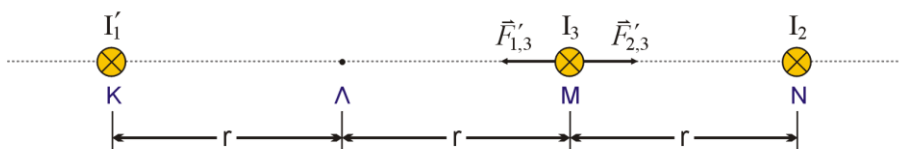
• Για την αρχική ισορροπία έχουμε:



$$\Sigma F_{\Lambda} = 0 \Rightarrow F_{1,3} = F_{2,3} \Rightarrow \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{2I_1 I_3}{r} \ell = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{2I_2 I_3}{2r} \ell \Rightarrow I_1 = \frac{I_2}{2} \Rightarrow I_2 = 2I_1 \Rightarrow I_2 = 2I \quad (1)$$

• Αλλάζοντας τη φορά του I_3 , αλλάζουν οι δυνάμεις από τα I_1 & I_2 και γίνονται ελκτικές. Όμως, είναι πάλι αντίρροπες.

• Για την νέα ισορροπία έχουμε:



$$\Sigma F_{\text{M}} = 0 \Rightarrow F'_{1,3} = F'_{2,3} \Rightarrow \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{2I'_1 I_3}{2r} \ell = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{2I_2 I_3}{r} \ell \Rightarrow \frac{I'_1}{2} = I_2 \Rightarrow I'_1 = 2I_2 \xrightarrow{(1)} I'_1 = 2 \cdot 2I \Rightarrow I'_1 = 4I$$

• Αφού $I_1 = I$ και $I'_1 = 4I$, για το ποσοστό αύξησης έχουμε:

$$\Pi\% = \frac{\Delta I_1}{I_1} 100\% = \frac{I'_1 - I_1}{I_1} 100\% = \frac{4I - I}{I} 100\% = \frac{3I}{I} 100\% = 300\% \quad \therefore \quad \dots \text{άρα σωστό το (ii)}$$

ΘΕΜΑ Γ

Γ1.

$$\bullet R_{\Sigma} = N \cdot R_1 = 1000 \cdot 0,08 \Rightarrow R_{\Sigma} = 80 \Omega$$

$$\bullet I = \frac{E}{R_{\Sigma} + r} = \frac{100}{80 + 20} \Rightarrow I = 1 \text{ A}$$

$$\bullet B = \mu_0 I \frac{N}{\ell} = 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 1 \cdot \frac{1000}{1} \Rightarrow B = 4\pi \cdot 10^{-4} \text{ T} \therefore$$

Γ2.

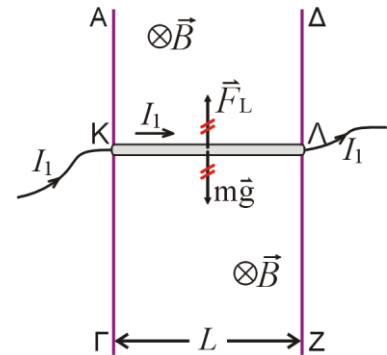
$$\bullet Q_{\text{ΟΛΙΚΟ}} = I^2 R_{\text{ΟΛΙΚΟ}} t = I^2 (R_{\Sigma} + r) t = 1^2 \cdot (80 + 20) \cdot 5 \cdot 60 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow Q_{\text{ΟΛΙΚΟ}} = 30000 \text{ J} = 30 \text{ kJ} \therefore$$

Γ3.

$$\bullet \Sigma F = 0 \Rightarrow F_L = mg \Rightarrow BI_1 L = mg \Rightarrow m = \frac{BI_1 L}{g} = \frac{4\pi \cdot 10^{-4} \cdot 1000 \cdot 0,5}{10} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow m = 2\pi \cdot 10^{-2} \text{ kg} \therefore$$



Γ4.

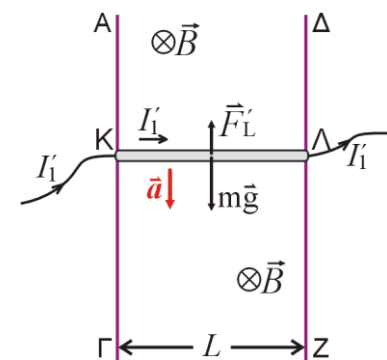
$$\bullet I'_1 = I_1 - 50\% I_1 = 50\% I_1 = 0,5 I_1 = 0,5 \cdot 1000 \Rightarrow I'_1 = 500 \text{ A}$$

$$\bullet F'_L = BI'_1 L = 4\pi \cdot 10^{-4} \cdot 500 \cdot 0,5 \Rightarrow F'_L = \pi \cdot 10^{-1} \text{ N}$$

$$\bullet mg = 2\pi \cdot 10^{-2} \cdot 10 \Rightarrow mg = 2\pi \cdot 10^{-1} \text{ N}$$

Άρα: $mg > F'_L$, επομένως η ράβδος θα κινηθεί επιταχυνόμενα προς τα κάτω, με επιτάχυνση μέτρου:

$$a = \frac{\Sigma F}{m} = \frac{mg - F'_L}{m} = g - \frac{F'_L}{m} = 10 - \frac{\pi \cdot 10^{-1}}{2\pi \cdot 10^{-2}} = 10 - 5 \Rightarrow a = 5 \text{ m/s}^2 \therefore$$



ΘΕΜΑ Δ

Δ1.

$$V = 9 \text{ Volt} \dots 9 \cdot 10^4 \text{ Volt}, \quad \frac{m}{q} = 18 \cdot 10^{-10} \text{ kg/C} \Leftrightarrow \frac{q}{m} = \frac{1}{18} 10^{10} \text{ C/kg}$$

$$\bullet \text{ΘΜΚΕ: } \Delta K = W_{\text{ολ.}} \Rightarrow \frac{1}{2} m v^2 - 0 = qV \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2qV}{m}} = \sqrt{2 \frac{1}{18} 10^{10} V} \Rightarrow v = \frac{10^5}{3} \sqrt{V}$$

$$\left. \begin{array}{l} \bullet \underline{V = 9 \text{ Volt}}: v = \frac{10^5}{3} \sqrt{9} \Rightarrow v_{\min} = 10^5 \text{ m/s} \\ \bullet \underline{V = 9 \cdot 10^4 \text{ Volt}}: v = \frac{10^5}{3} \sqrt{9 \cdot 10^4} \Rightarrow v_{\max} = 10^7 \text{ m/s} \end{array} \right\} \Rightarrow 10^5 \leq v \leq 10^7 \text{ m/s} \therefore$$

Δ2.

$$\text{Φίλτρο Ταχυτήτων: } v_0 = \frac{E'}{B'} = \frac{100}{10^{-4}} \Rightarrow v_0 = 10^6 \text{ m/s} \therefore$$

Δ3.

$$\bullet R = \frac{m v_0}{B q} = \frac{18 \cdot 10^{-10} \cdot 10^6}{\pi \cdot 10^{-5}} \Rightarrow R = \frac{180}{\pi} \text{ m}$$

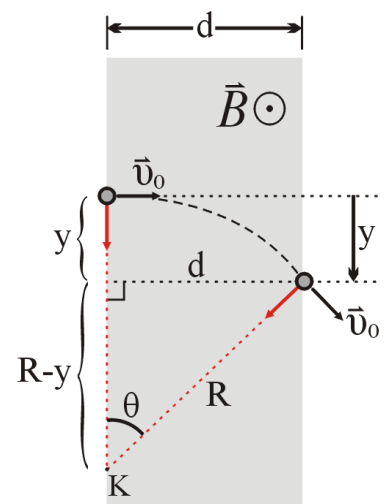
$$\bullet \text{συν}\theta = \frac{R - y}{R} = \frac{\frac{180}{\pi} - \frac{36}{\pi}}{\frac{180}{\pi}} = \frac{180 - 36}{180} = \frac{5 \cdot 36 - 36}{5 \cdot 36} = \frac{4 \cdot 36}{5 \cdot 36} = \frac{4}{5} = 0,8$$

Από το «Τυπολόγιο» βλέπουμε ότι: $\theta = 37^\circ$ (ημ $\theta = 3/5 = 0,6$ & συν $\theta = 4/5 = 0,8$)

$$\bullet T = \frac{2\pi m}{B q} = \frac{2\pi \cdot 18 \cdot 10^{-10}}{\pi \cdot 10^{-5}} \Rightarrow T = 36 \cdot 10^{-5} \text{ sec}$$

$$\left. \begin{array}{l} \Sigma \epsilon 360^\circ \text{ αντιστοιχεί χρόνος } T = 36 \cdot 10^{-5} \text{ sec} \\ \Sigma \epsilon 37^\circ \quad \gg \quad \gg \quad t = ; \end{array} \right\}$$

$$360t = 37 \cdot 36 \cdot 10^{-5} \Rightarrow t = \frac{37 \cdot 36 \cdot 10^{-5}}{360} = 37 \cdot 10^{-6} \text{ sec} = 37 \mu\text{s} \therefore$$



Δ4.

$$\eta\mu\theta = \frac{d}{R} \Rightarrow d = R \eta\mu\theta = \frac{180}{\pi} \frac{3}{5} \Rightarrow d = \frac{108}{\pi} \text{ m} \therefore$$

Δ5.

$$\left. \begin{array}{l} \Sigma \epsilon 360^\circ \text{ αντιστοιχεί τόξο } 2\pi R \\ \Sigma \epsilon 37^\circ \quad \gg \quad \gg \quad \hat{S} = ; \end{array} \right\}$$

$$360\hat{S} = 37 \cdot 2\pi R \Rightarrow \hat{S} = \frac{37 \cdot 2\pi \cdot \frac{180}{\pi}}{360} \Rightarrow \hat{S} = 37 \text{ m} \therefore$$