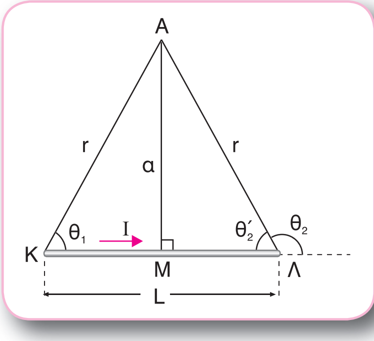
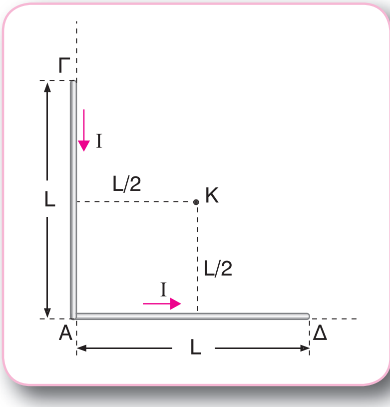
3.22) Ένας ευθύγραμμος αγωγός ΚΛ, μήκους L, διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα έντασης I. Το σημείο Α βρίσκεται επάνω στη μεσοκάθετο του αγωγού και απέχει από αυτόν απόσταση $\alpha = L$. Το μέτρο Β της έντασης του μαγνητικού πεδίου που δημιουργεί ο αγωγός στο σημείο Α υπολογίζεται από τη σχέση:



α) $B = \dfrac{\mu_o I\sqrt{5}}{4\pi\alpha}$ β) $B = \dfrac{\mu_o I\sqrt{5}}{10\pi\alpha}$ γ) $B = \dfrac{\mu_o I\sqrt{5}}{16\pi\alpha}$

3.23) Δύο ευθύγραμμοι ρευματοφόροι αγωγοί ΑΓ και ΑΔ, μήκους L ο καθένας, είναι κάθετοι μεταξύ τους, όπως φαίνεται στο σχήμα, χωρίς να υπάρχει διαρροή ηλεκτρικού φορτίου από τον έναν στον άλλο. Οι δύο αγωγοί διαρρέονται από ηλεκτρικά ρεύματα έντασης I. Το μέτρο Β της συνισταμένης έντασης του μαγνητικού πεδίου που δημιουργούν οι δύο αγωγοί στο σημείο Κ, που απέχει από κάθε αγωγό απόσταση $\dfrac{L}{2}$, είναι:

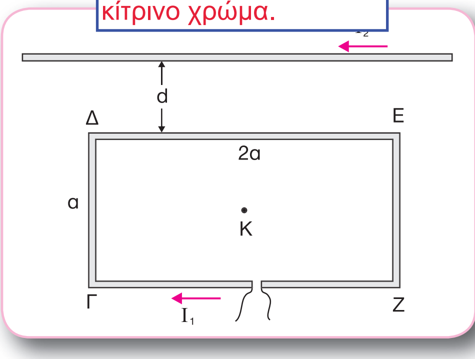


α) $B = \dfrac{\mu_o}{4\pi}\dfrac{4I\sqrt{2}}{L}$ β) $B = \dfrac{\mu_o}{4\pi}\dfrac{2I\sqrt{2}}{L}$

γ) $B = \dfrac{\mu_o}{4\pi}\dfrac{I\sqrt{2}}{L}$

Προστέθηκε η φράση που υποδεικνύεται με κίτρινο χρώμα.

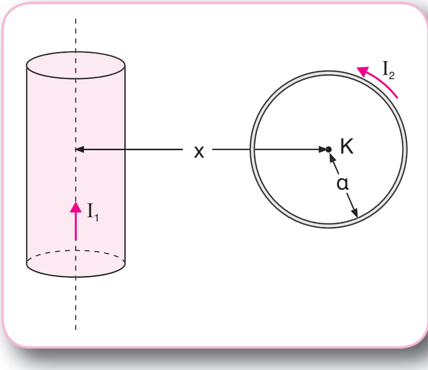
3.24) Ένα κατακόρυφο αγώγιμο πλαίσιο ΓΔΕΖ σχήματος ορθογώνιου παραλληλογράμμου με πλευρές α και 2α πολύ μεγάλου μήκους διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα έντασης I_1. Το άνοιγμα στην πλευρά ΓΖ θεωρείται αμελητέο. Πάνω από το πλαίσιο και σε απόσταση $d = \dfrac{\alpha}{2}$ από την πλευρά ΔΕ του πλαισίου βρίσκεται ευθύγραμμος αγωγός απείρου μήκους που διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα έντασης I_2 και είναι παράλληλος με την πλευρά ΔΕ. Το μαγνητικό πεδίο στο κέντρο Κ του πλαισίου έχει συνισταμένη μηδέν. Ποια από τις παρακάτω σχέσεις είναι σωστή;



α) $\dfrac{I_1}{I_2} = \dfrac{1}{4}$ β) $\dfrac{I_1}{I_2} = \dfrac{1}{12}$ γ) $\dfrac{I_1}{I_2} = \dfrac{1}{6}$

Τροποποιήθηκε ο τύπος που υποδεικνύεται με κίτρινο χρώμα..

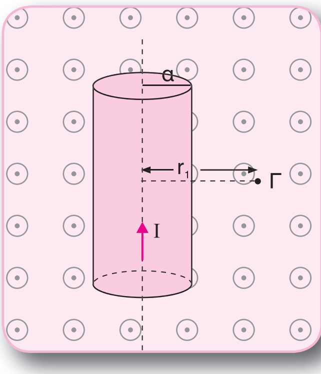
5.33) Ένας κατακόρυφος κυλινδρικός αγωγός μεγάλου μήκους διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα έντασης I_1. Σε απόσταση x από τον άξονα του κυλινδρικού αγωγού βρίσκεται το κέντρο Κ κατακόρυφου κυκλικού αγωγού, που έχει ακτίνα α και διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα έντασης $I_2 = \dfrac{I_1}{5\pi}$, όπως φαίνεται στο σχήμα. Να υπολογίσετε την απόσταση x ώστε το μέτρο της συνισταμένης έντασης του μαγνητικού πεδίου στο κέντρο Κ του κυκλικού αγωγού να είναι μηδέν.



5.34) Ένας κατακόρυφος κυλινδρικός αγωγός (1) μεγάλου μήκους έχει διατομή ακτίνας $\alpha = 4\text{cm}$ και διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα έντασης $I = 4\text{A}$. Εξωτερικά του αγωγού υπάρχει ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης $B = 5\cdot 10^{-6}\,\text{T}$, όπως φαίνεται στο σχήμα.

α) Να υπολογίσετε τη συνισταμένη ένταση του μαγνητικού πεδίου σε ένα σημείο Γ που απέχει απόσταση $r_1 = 8\text{cm}$ από τον άξονα του αγωγού.

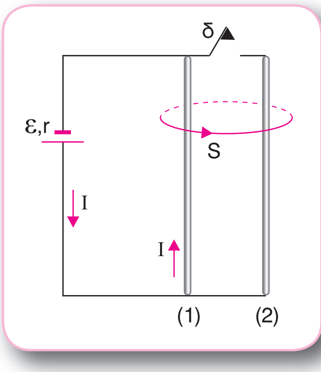
β) Να προσδιορίσετε τη θέση ενός σημείου Δ όπου το μέτρο της συνισταμένης έντασης του μαγνητικού πεδίου είναι μηδέν.



5.35) Στο ηλεκτρικό κύκλωμα του σχήματος τα κατακόρυφα ευθύγραμμα σύρματα (1) και (2) έχουν μεγάλο μήκος και αντιστάσεις $R_1 = 8\Omega$ και $R_2 = \dfrac{8}{3}\Omega$ αντίστοιχα. Η πηγή του κυκλώματος έχει ηλεκτρεγερτική δύναμη $\mathcal{E} = 40\text{V}$ και εσωτερική αντίσταση $r = 2\Omega$. Να υπολογίσετε το άθροισμα $\sum B\Delta\ell\sigma\upsilon\nu\theta$ πάνω στην οριζόντια κλειστή διαδρομή S με τη φορά που δείχνει το βέλος, όταν ο διακόπτης δ είναι:

α) ανοικτός,

β) κλειστός.

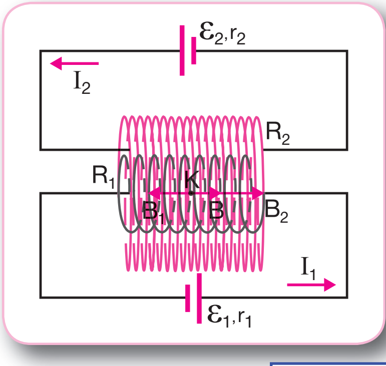


Αντιστοίχως, το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου που δημιουργεί στο σημείο Κ το σωληνοειδές (2) είναι:

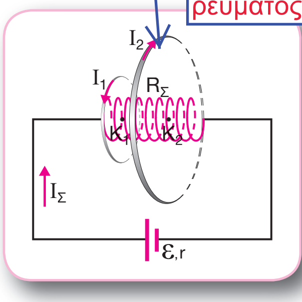
$$B_2 = \mu_o \frac{N_2}{\ell_2} I_2 \quad ή \quad B_2 = \mu_o n_2 I_2 \quad ή \quad B_2 = 6{,}4\pi \cdot 10^{-3}\,T$$

Επειδή τα διανύσματα των εντάσεων B_1 και B_2 είναι αντίρροπα, η συνισταμένη ένταση του μαγνητικού πεδίου στο σημείο Κ δίνεται από τη σχέση:

$$B = B_2 - B_1 \quad ή \quad B = 4\pi \cdot 10^{-3}\,T$$



Αλλαγή στη φορά τ
ρεύματος



6.3) Ένα σωληνοειδές αποτελείται από $n = 100$ σπείρες$/m$ και έχει αντίσταση $R_\Sigma = 8\,\Omega$. Ένας κυκλικός αγωγός (1) με ακτίνα $d_1 = 20\,cm$ περιβάλλει το σωληνοειδές με το επίπεδό του κάθετο στον άξονα του σωληνοειδούς και έτσι ώστε το ένα άκρο του σωληνοειδούς να ταυτίζεται με το κέντρο K_1 του κυκλικού αγωγού. Δεύτερος κυκλικός αγωγός (2) με ακτίνα $d_2 = 40\,cm$ περιβάλλει επίσης το σωληνοειδές με το επίπεδό του κάθετο στον άξονα του σωληνοειδούς και έτσι ώστε το κέντρο K_2 να ταυτίζεται με το κέντρο του σωληνοειδούς, όπως φαίνεται στο σχήμα. Οι δύο κυκλικοί αγωγοί διαρρέονται από ηλεκτρικά ρεύματα με εντάσεις $I_1 = 20\,A$ και $I_2 = 40\,A$. Η πηγή που τροφοδοτεί το σωληνοειδές έχει ηλεκτρεγερτική δύναμη $\mathcal{E} = 100\,V$ και εσωτερική αντίσταση $r = 2\Omega$. Δίνεται η τιμή της μαγνητικής διαπερατότητας του κενού $\mu_o = 4\pi \cdot 10^{-7}\,T \cdot m/A$. Να υπολογίσετε:

α) την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει το σωληνοειδές,

β) τις εντάσεις B_1 και B_2 των μαγνητικών πεδίων που δημιουργούν στα σημεία K_1 και K_2 οι δύο κυκλικοί αγωγοί αντίστοιχα,

γ) τις συνισταμένες εντάσεις των μαγνητικών πεδίων που δημιουργούν στο άκρο K_1 το σωληνοειδές και ο κυκλικός αγωγός (1) και στο κέντρο K_2 το σωληνοειδές και ο κυκλικός αγωγός (2).

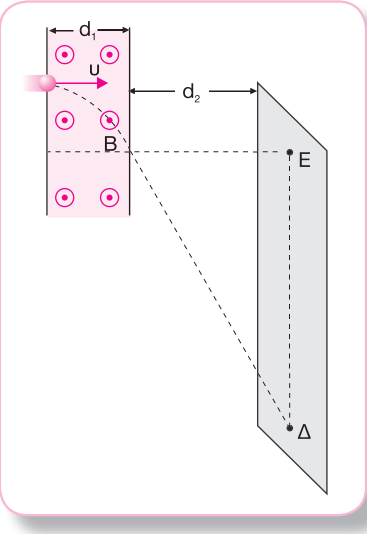
Απάντηση

α) Η ολική αντίσταση του ηλεκτρικού κυκλώματος είναι: $R_{ολ} = R_\Sigma + r \quad ή \quad R_{ολ} = 10\,\Omega$

Η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα υπολογίζεται από τη σχέση:

$$I_\Sigma = \frac{\mathcal{E}}{R_{ολ}} \quad ή \quad I_\Sigma = 10\,A$$

8.7) **Ένα πρωτόνιο επιταχύνεται από την ηρεμία σε τάση $V = 200V$ και στη συνέχεια εισέρχεται σε χώρο εύρους $d_1 = \sqrt{3}m$ όπου υπάρχει ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης $B = 10^{-3}T$ με ταχύτητα υ κάθετη στις δυναμικές γραμμές του πεδίου. Το πρωτόνιο εξέρχεται από το πεδίο και προσκρούει στο σημείο Δ πετάσματος που απέχει απόσταση $d_2 = 2\sqrt{3}m$ από το πεδίο, όπως φαίνεται στο σχήμα. Η βαρύτητα θεωρείται αμελητέα. Γνωρίζουμε ότι το πηλίκο του φορτίου προς τη μάζα του πρωτονίου είναι $\frac{q}{m} = 10^8 C/kg$. Να υπολογίσετε:**



α) το μέτρο της ταχύτητας υ,

β) την ακτίνα της κυκλικής τροχιάς του πρωτονίου μέσα στο μαγνητικό πεδίο,

γ) την απόσταση ΔΕ,

δ) τον χρόνο κίνησης t από τη στιγμή που το πρωτόνιο εισέρχεται στο μαγνητικό πεδίο μέχρι τη στιγμή που προσκρούει στο πέτασμα,

ε) τη συνολική κατακόρυφη μετατόπιση του πρωτονίου,

στ) την απόσταση που πρέπει να τοποθετηθεί το πέτασμα, ώστε να τριπλασιαστεί η απόσταση ΔΕ.

Απάντηση

α) Εφαρμόζοντας το θεώρημα έργου-ενέργειας για την κίνηση του πρωτονίου, έχουμε:

$$K_{τελ} - K_{αρχ} = qV \quad ή \quad \frac{1}{2}mυ^2 - 0 = qV \quad ή \quad υ = \sqrt{\frac{2qV}{m}} \quad ή$$

$$υ = 2 \cdot 10^5 m/s$$

β) Το πρωτόνιο εισέρχεται κάθετα στις δυναμικές γραμμές του μαγνητικού πεδίου, άρα εκτελεί ομαλή κυκλική κίνηση με ακτίνα που δίνεται από τη σχέση:

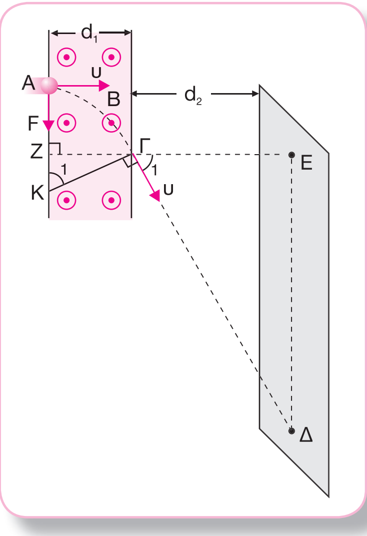
$$R = \frac{mυ}{Bq} \quad ή \quad R = \frac{m}{q}\frac{υ}{B} \quad ή \quad R = 2m$$

γ) Στο ορθογώνιο τρίγωνο ΚΓΖ ισχύει:

$$ημ\widehat{K}_1 = \frac{ΖΓ}{ΚΓ} \quad ή \quad ημ\widehat{K}_1 = \frac{d_1}{R} \quad ή \quad ημ\widehat{K}_1 = \frac{\sqrt{3}}{2}, \text{ επομένως:}$$

$$\widehat{K}_1 = 60^o$$

Οι γωνίες $\widehat{K}_1$ και $\widehat{Γ}_1$ έχουν κάθετες πλευρές, άρα είναι ίσες.



Τροποποιήθηκε το σχήμα.

Στο ορθογώνιο τρίγωνο ΓΔΕ ισχύει:

$$\varepsilon\varphi\widehat{\Gamma}_1 = \frac{\mathrm{E\Delta}}{\mathrm{\Gamma E}} \quad \text{ή} \quad \varepsilon\varphi 60^{\circ} = \frac{\mathrm{E\Delta}}{d_2} \quad \text{ή} \quad \mathrm{E\Delta} = d_2 \varepsilon\varphi 60^{\circ} \quad \text{ή} \quad \mathrm{E\Delta} = 6\mathrm{m}$$

δ) Εάν t_1 και t_2 είναι οι χρόνοι κίνησης του πρωτονίου μέσα στο μαγνητικό πεδίο και έξω από αυτό αντίστοιχα, ισχύει: $t = t_1 + t_2$

Από τη σχέση $\theta = \omega \Delta t$ έχουμε: $\Delta t = \dfrac{\theta}{\omega}$ ή $t_1 = \dfrac{\widehat{\mathrm{K}}_1}{\frac{\upsilon}{R}}$ ή $t_1 = \dfrac{\pi}{3} \cdot 10^{-5}\mathrm{s}$

Έξω από το πεδίο το πρωτόνιο κινείται ευθύγραμμα ομαλά με ταχύτητα υ, επομένως:

$$t_2 = \frac{\mathrm{\Gamma\Delta}}{\upsilon} \quad \text{ή} \quad t_2 = \frac{\frac{d_2}{\sigma\upsilon\nu 60^{\circ}}}{\upsilon} \quad \text{ή} \quad t_2 = 2\sqrt{3} \cdot 10^{-5}\mathrm{s}$$

Εάν θεωρήσουμε ότι η βαρύτητα είναι αμελητέα, η κίνηση του πρωτονίου εκτός μαγνητικού πεδίου είναι ευθύγραμμη ομαλή και ο χρόνος κίνησης δίνεται από τη σχέση $t = \dfrac{d}{\upsilon}$.

Επομένως: $t = t_1 + t_2$ ή $t = \left(2\sqrt{3} + \dfrac{\pi}{3}\right) \cdot 10^{-5}\mathrm{s}$

ε) Η συνολική κατακόρυφη μετατόπιση του πρωτονίου είναι: $y = \mathrm{AZ} + \mathrm{\Delta E}$

Εφαρμόζοντας το Πυθαγόρειο Θεώρημα στο ορθογώνιο τρίγωνο ΚΖΓ, έχουμε:

$\mathrm{KZ}^2 = \mathrm{K\Gamma}^2 - \mathrm{\Gamma Z}^2$ ή $\mathrm{KZ}^2 = R^2 - d_1^2$ ή $\mathrm{KZ} = 1\mathrm{m}$

$\mathrm{AZ} = R - \mathrm{KZ}$ ή $\mathrm{AZ} = 1\mathrm{m}$

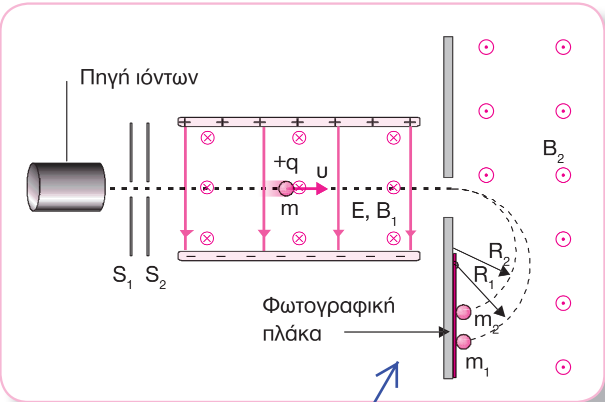
Επομένως: $y = \mathrm{AZ} + \mathrm{\Delta E}$ ή $y = 7\mathrm{m}$

στ) Στο ορθογώνιο τρίγωνο ΓΔΕ ισχύει $\varepsilon\varphi 60^{\circ} = \dfrac{\mathrm{E\Delta}}{d_2}$.

Για $\mathrm{E'\Delta'} = 3\mathrm{E\Delta}$ έχουμε:

$$\varepsilon\varphi 60^{\circ} = \frac{\mathrm{E'\Delta'}}{d'_2} \quad \text{ή} \quad d'_2 = \frac{\mathrm{E'\Delta'}}{\varepsilon\varphi 60^{\circ}} \quad \text{ή} \quad d'_2 = \frac{3\mathrm{E\Delta}}{\varepsilon\varphi 60^{\circ}} \quad \text{ή} \quad d'_2 = 6\sqrt{3}\mathrm{m}$$

8.8) **Δύο ισότοπα χλωρίου με μάζες $m_1 = 37 \cdot 1{,}673 \cdot 10^{-27}\mathrm{kg}$ και $m_2 = 35 \cdot 1{,}673 \cdot 10^{-27}\mathrm{kg}$ και ίσα φορτία $q_1 = q_2 = q = 1{,}6 \cdot 10^{-19}\mathrm{C}$ που παράγονται από πηγή Π εισέρχονται στην περιοχή όπου συνυπάρχουν ηλεκτρικό Ε = 20V και μαγνητικό πεδίο $B_1 = 2 \cdot 10^{-2}\mathrm{T}$ με ταχύτητα υ κάθετη στις δυναμικές γραμμές και των δύο πεδίων, όπως φαίνεται στο σχήμα. Τα ισότοπα διασχίζουν την περιοχή χω-**



Τροποποιήθηκε το σχήμα.

α) θα διπλασιαστεί.
β) θα υποδιπλασιαστεί.
γ) δε θα μεταβληθεί.

(Πανελλαδικές Εξετάσεις 2003)

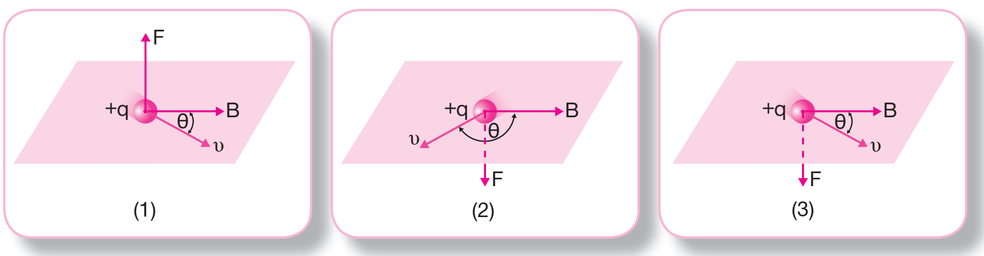
8.14) Το μέτρο της δύναμης που δέχεται ένα φορτισμένο σωματίδιο που κινείται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο:
α) είναι ανάλογο της έντασης του μαγνητικού πεδίου.
β) είναι αντιστρόφως ανάλογο του φορτίου.
γ) δεν εξαρτάται από την κατεύθυνση στην οποία κινείται το σωματίδιο.

8.15) Το μέτρο της δύναμης που δέχεται ένα φορτισμένο σωματίδιο που κινείται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο μεγιστοποιείται, όταν το σωματίδιο κινείται:
α) παράλληλα στις δυναμικές γραμμές.
β) κάθετα στις δυναμικές γραμμές.
γ) σε κατεύθυνση που σχηματίζει γωνία $45°$ με τις δυναμικές γραμμές.

8.16) Η διεύθυνση της δύναμης που ασκείται από το μαγνητικό πεδίο σε ένα κινούμενο φορτίο στο πεδίο είναι:
α) παράλληλη στη διεύθυνση του μαγνητικού πεδίου και κάθετη στη διεύθυνση της ταχύτητας.
β) κάθετη στη διεύθυνση του μαγνητικού πεδίου και παράλληλη στη διεύθυνση της ταχύτητας.
γ) κάθετη στη διεύθυνση του μαγνητικού πεδίου και κάθετη στη διεύθυνση της ταχύτητας.

8.17) Ένα σωματίδιο φορτίου q κινείται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης B με ταχύτητα μέτρου υ που σχηματίζει γωνία θ με την κατεύθυνση του μαγνητικού πεδίου. Το μέτρο F της δύναμης που δέχεται το σωματίδιο από το πεδίο δίνεται από τη σχέση:
α) $F = B|q|\upsilon\sigma\upsilon\nu\theta$ β) $F = B|q|\upsilon\eta\mu\theta$ γ) $F = B|q|\upsilon^2\eta\mu\theta$

8.18) Ένα θετικά φορτισμένο σωματίδιο κινείται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης B με ταχύτητα μέτρου υ. Το σχήμα που δείχνει την κατεύθυνση της δύναμης που ασκείται από το πεδίο στο σωματίδιο είναι το:



α) (1) β) (2) γ) (3)

Τροποποιήθηκε το σχήμα.

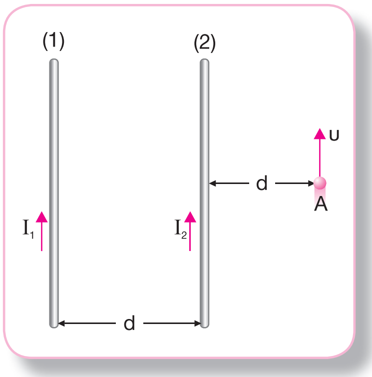
Β. Τα μέτρα B_1 και B_2 των εντάσεων των δύο μαγνητικών πεδίων συνδέονται με τη σχέση:

β$_1$) $B_1 = B_2$ β$_2$) $B_1 = 2B_2$ β$_3$) $2B_1 = B_2$

Γ. Το μέτρο της μεταβολής της ορμής του σωματιδίου μεταξύ των σημείων Α και Γ είναι:

γ$_1$) $|\Delta p| = 0$ γ$_2$) $|\Delta p| = 2m\upsilon$ γ$_3$) $|\Delta p| = m\upsilon$

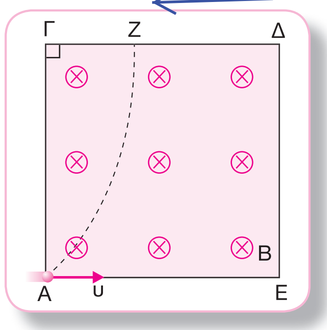
8.86) Δύο κατακόρυφοι ευθύγραμμοι αγωγοί (1) και (2) απείρου μήκους απέχουν μεταξύ τους απόσταση d και διαρρέονται από ομόρροπα ηλεκτρικά ρεύματα με ένταση $I_1 = 2I$ και $I_2 = I$ αντίστοιχα, όπως φαίνεται στο σχήμα. Από ένα σημείο Α, που βρίσκεται στο επίπεδο που ορίζουν οι δύο αγωγοί και απέχει απόσταση d από τον αγωγό (2), εκτοξεύουμε με ταχύτητα υ ένα θετικά φορτισμένο σωματίδιο μάζας m και φορτίου q. Η ταχύτητα είναι παράλληλη στους δύο αγωγούς. Το μέτρο της δύναμης Lorentz που δέχεται το σωματίδιο από το μαγνητικό πεδίο τη στιγμή της εκτόξευσής του δίνεται από τη σχέση:



α) $F_L = \dfrac{\mu_o I}{\pi d} q\upsilon$ β) $F_L = \dfrac{\mu_o I}{2\pi d} q\upsilon$ γ) $F_L = \dfrac{2\mu_o I}{\pi d} q\upsilon$

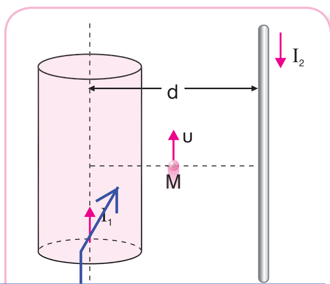
Μετακινήθηκε το σημείο Ζ.

8.87) Η οριζόντια τομή ενός κατακόρυφου ομογενούς μαγνητικού πεδίου έντασης B είναι τετράγωνο ΑΓΔΕ με πλευρά α. Ένα θετικά φορτισμένο σωματίδιο μάζας m και φορτίου q εισέρχεται κάθετα στο μαγνητικό πεδίο με ταχύτητα υ από το σημείο Α και εξέρχεται από το σημείο Ζ της πλευράς ΓΔ, διαγράφοντας μέσα στο μαγνητικό πεδίο τόξο $s = \dfrac{3\pi m\upsilon}{4Bq}$. Η ακτίνα R της κυκλικής τροχιάς του σωματιδίου δίνεται από τη σχέση:



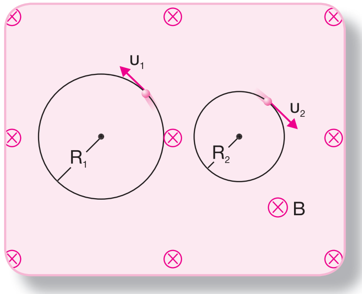
α) $R = 3\alpha\sqrt{2}$ β) $R = \dfrac{2\alpha}{2+\sqrt{2}}$ γ) $R = 2\alpha\sqrt{2}$

8.88) Κυλινδρικός αγωγός μεγάλου μήκους διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα έντασης $I_1 = I$. Παράλληλα με τον άξονα του κυλινδρικού αγωγού και σε απόσταση d από αυτόν βρίσκεται κατακόρυφος ευθύγραμμος αγωγός απείρου μήκους που διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα έντασης $I_2 = I$. Τα δύο ρεύματα είναι αντίρροπα, όπως φαίνεται στο σχήμα. Τη χρονική στιγμή $t_0 = 0$ εκτοξεύουμε θετικά φορτισμένο σωματίδιο μάζας m και φορτίου q από το μέσο Μ της απόστασης d. Η ταχύτητα υ του σωματιδίου είναι παράλληλη στον άξονα του κυλινδρικού αγω



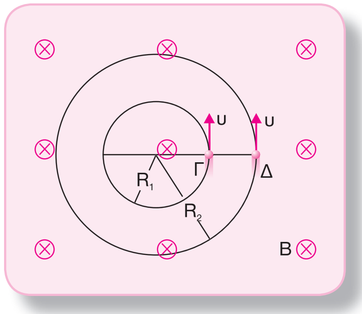
Τροποποιήθηκε το σχήμα.

8.97) Δύο φορτισμένα σωματίδια (1) και (2), με $q_1 > 0$, $q_2 < 0$ και $|q_1| = 4|q_2|$, βρίσκονται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης B και εκτελούν ομαλή κυκλική κίνηση με ακτίνες R_1 και R_2 αντίστοιχα, όπως φαίνεται στο σχήμα. Στο ίδιο χρονικό διάστημα Δt τα σωματίδια (1) και (2) διαγράφουν N_1 και $N_2 = 2N_1$ περιφορές αντίστοιχα. Οι μάζες m_1 και m_2 των σωματιδίων (1) και (2) αντίστοιχα συνδέονται με τη σχέση:



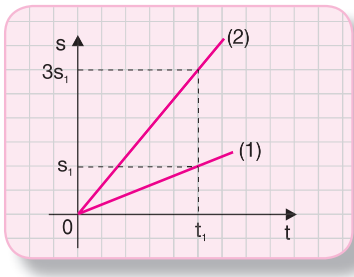
α) $\dfrac{m_1}{m_2} = 4$ β) $\dfrac{m_1}{m_2} = 6$ γ) $\dfrac{m_1}{m_2} = 8$

8.98) Δύο φορτισμένα σωματίδια (1) και (2), με φορτία $q_1 = q_2 = q$ και μάζες $m_1 = m$ και $m_2 = 2m$, βρίσκονται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης B και εκτελούν ομαλή κυκλική κίνηση με ίδια ταχύτητα υ και ακτίνες R_1 και R_2 αντίστοιχα, όπως φαίνεται στο σχήμα. Τη χρονική στιγμή $t_0 = 0$ τα σωματίδια βρίσκονται στα σημεία Γ και Δ της ίδιας ακτίνας. Η απόσταση d των δύο σωματιδίων τη χρονική στιγμή $t = \dfrac{\pi m}{B|q|}$ δίνεται από τη σχέση:



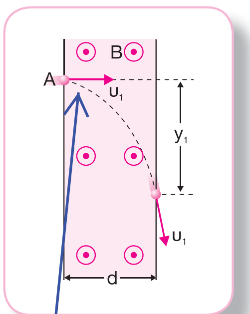
α) $d = R_1\sqrt{5}$ β) $d = R_1\sqrt{3}$ γ) $d = R_1$

8.99) Δύο φορτισμένα σωματίδια (1) και (2), με ίσες μάζες και φορτία q_1 και q_2, βρίσκονται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης B και εκτελούν ομαλή κυκλική κίνηση με ακτίνες R_1 και $R_2 = 3R_1$ αντίστοιχα. Στο διάγραμμα του σχήματος φαίνεται πώς μεταβάλλονται σε συνάρτηση με τον χρόνο τα τόξα που διαγράφουν τα δύο σωματίδια. Ποια σχέση είναι σωστή;



α) $|q_1| = |q_2|$ β) $|q_1| = 3|q_2|$ γ) $3|q_1| = |q_2|$

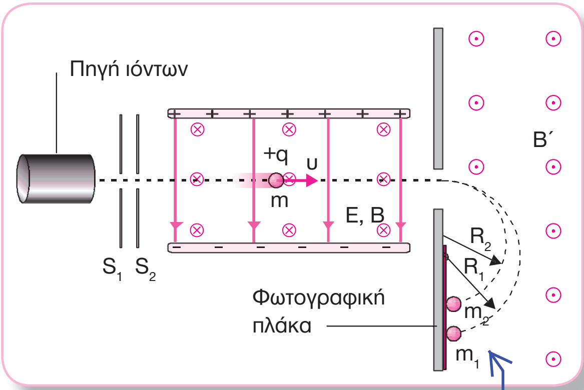
8.100) Ένα θετικά φορτισμένο σωματίδιο μάζας m και φορτίου q εισέρχεται με ταχύτητα υ_1 κάθετα στις δυναμικές γραμμές ομογενούς μαγνητικού πεδίου έντασης B, εύρους d. Όταν το σωματίδιο εξέρχεται από το μαγνητικό πεδίο, έχει κατακόρυφη απόκλιση $y_1 = 2d$ από την αρχική του διεύθυνση, όπως φαίνεται στο σχήμα. Εάν το σωματίδιο εισέλθει στο μαγνητικό πεδίο με ταχύτητα υ_2, η κατακόρυφη απόκλιση από την αρχική του διεύθυνση είναι $y_2 = 3d$. Οι ακτίνες R_1 και R_2 των κυκλικών τροχιών που διαγράφει το σωματίδιο στην πρώτη και στη δεύτερη περίπτωση αντίστοιχα συνδέονται με τη σχέση:



α) $\dfrac{R_1}{R_2} = \dfrac{3}{5}$ β) $\dfrac{R_1}{R_2} = \dfrac{3}{4}$ γ) $\dfrac{R_1}{R_2} = \dfrac{5}{6}$

τροποποιήθηκε το διάνυσμα.

8.124) Τη χρονική στιγμή $t_0 = 0$ στο μαγνητικό πεδίο $B΄$ του φασματογράφου μάζας του σχήματος εισέρχονται από το ίδιο σημείο δύο θετικά ιόντα (1) και (2) με φορτία q_1, q_2 και μάζες m_1, m_2 αντίστοιχα, με $\frac{q_1}{m_1} = \frac{q_2}{m_2}$. Οι ταχύτητες των δύο ιόντων (1) και (2) υ_1 και υ_2 αντίστοιχα συνδέονται με τη σχέση $\upsilon_1 = 4\upsilon_2$. Να βρείτε:



Τροποποιήθηκαν οι δείκτες.

α) τη σχέση που συνδέει τις γωνιακές ταχύτητες ω_1 και ω_2 των σωματιδίων (1) και (2) αντίστοιχα,

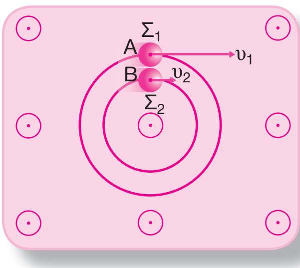
β) τη σχέση που συνδέει τις γωνίες θ_1 και θ_2 που έχουν διαγράψει τα δύο ιόντα μέχρι τη χρονική στιγμή $t = \frac{\pi m_1}{2B|q_1|}$,

γ) τη σχέση που συνδέει τα μέτρα των κεντρομόλων επιταχύνσεων α_{κ_1} και α_{κ_2} των δύο ιόντων,

δ) πόσο απέχουν τα ίχνη των δύο ιόντων στη φωτογραφική πλάκα, εάν είναι γνωστή η ακτίνα R_1 της κυκλικής τροχιάς του ιόντος (1).

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

8.125) Δύο θετικά φορτισμένα σωματίδια Σ_1 και Σ_2 με μάζες $m_1 = m$ και $m_2 = 2m$ και φορτία $q_1 = q_2 = q$ βρίσκονται στα σημεία Α και Β αντίστοιχα ενός ομογενούς μαγνητικού πεδίου. Τη χρονική στιγμή $t_0 = 0\,s$ τα δύο σωματίδια αρχίζουν να κινούνται με ταχύτητες που είναι κάθετες στις δυναμικές γραμμές του πεδίου και έχουν μέτρα που συνδέονται με τη σχέση $\upsilon_1 = 4\upsilon_2$, όπως φαίνεται στο σχήμα. Τα σημεία Α και Β είναι συνευθειακά με το κοινό κέντρο των κυκλικών τροχιών των δύο σωματιδίων. Όταν το σωματίδιο Σ_2 έχει εκτελέσει μία πλήρη περιστροφή, η απόσταση μεταξύ των δύο σωματιδίων είναι $d = 0{,}3\,m$.



α) Να προσδιορίσετε τη σχέση των περιόδων T_1 και T_2 των κινήσεων των δύο σωματιδίων αντίστοιχα.

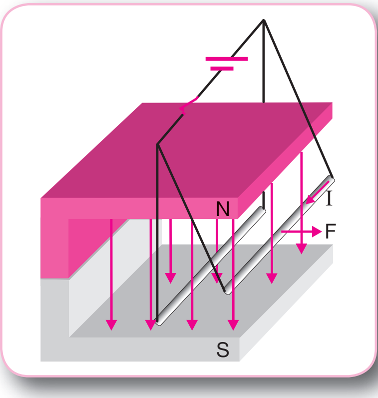
β) Να υπολογίσετε τις ακτίνες των κυκλικών τροχιών των δύο σωματιδίων.

γ) Να υπολογίσετε την απόσταση μεταξύ των δύο σωματιδίων τη χρονική στιγμή $t_1 = \frac{T_1}{2}$.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9ο
ΔΥΝΑΜΗ LAPLACE

ΔΥΝΑΜΗ ΠΟΥ ΑΣΚΕΙ ΤΟ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ ΣΕ ΡΕΥΜΑΤΟΦΟΡΟ ΑΓΩΓΟ

Γνωρίζουμε ότι ένα ηλεκτρικό φορτίο που κινείται μέσα σε μαγνητικό πεδίο δέχεται δύναμη από το πεδίο. Δεδομένου ότι το ηλεκτρικό ρεύμα είναι το αποτέλεσμα της προσανατολισμένης κίνησης πολλών φορτισμένων σωματιδίων μέσα στον αγωγό, είναι προφανές ότι ένας ρευματοφόρος αγωγός μέσα σε μαγνητικό πεδίο θα δέχεται επίσης δύναμη από το πεδίο. Η συνολική δύναμη που δέχεται ο αγωγός είναι το μακροσκοπικό αποτέλεσμα των δυνάμεων που ασκεί το μαγνητικό πεδίο σε κάθε φορτισμένο σωματίδιο που κινείται μέσα στον αγωγό.

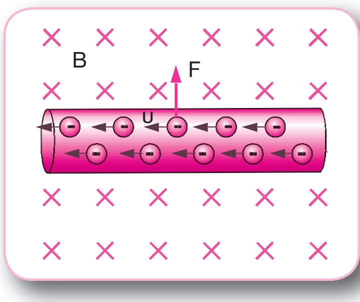


Κρεμάμε έναν αγωγό μεταξύ των πόλων ενός πεταλοειδούς μαγνήτη, κάθετα στις δυναμικές του γραμμές, και τον συνδέουμε με μία πηγή.
Όταν κλείνουμε τον διακόπτη και το κύκλωμα διαρρέεται από ρεύμα, παρατηρούμε ότι ο αγωγός εκτρέπεται από την αρχική θέση ισορροπίας του και ισορροπεί σε μία νέα θέση.
Αν αντιστρέψουμε τη φορά του μαγνητικού πεδίου, ο αγωγός θα μετακινηθεί στην αντίθετη κατεύθυνση.

Διορθώθηκε το σύμβολο που υποδεικνύεται με κίτρινο χρώμα.

ΔΥΝΑΜΗ LAPLACE

Έστω ένας ευθύγραμμος αγωγός, μήκους ℓ και διατομής A, που διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα έντασης I και βρίσκεται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο με ένταση B, όπως φαίνεται στο σχήμα. Κάθε σωματίδιο με φορτίο $|q|$ μέσα στον αγωγό που κινείται με ταχύτητα υ δέχεται δύναμη Lorentz: $F = B|q|\upsilon\eta\mu\varphi$
Εάν μέσα στον αγωγό υπάρχουν n φορτισμένα σωματίδια ανά μονάδα όγκου και επειδή ο όγκος του αγωγού είναι $V = A \cdot \ell$, ο ολικός αριθμός των φορτισμένων σωματιδίων είναι $nA \cdot \ell$.



Όταν οι δύο αγωγοί διαρρέονται από ομόρροπα ρεύματα, έλκονται, ενώ, όταν διαρρέονται από αντίρροπα ρεύματα, απωθούνται.

Διορθώθηκε το σύμβολο που υποδεικνύεται με κίτρινο χρώμα.

ΟΡΙΣΜΟΣ ΘΕΜΕΛΙΩΔΟΥΣ ΜΟΝΑΔΑΣ AMPERE ΣΤΟ ΔΙΕΘΝΕΣ ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΟΝΑΔΩΝ

Η μονάδα της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος Ampere μπορεί να οριστεί με τη βοήθεια της δύναμης μεταξύ των παράλληλων ρευματοφόρων αγωγών. Εάν στη σχέση $F = \frac{\mu_o}{2\pi}\frac{I_1 I_2}{\alpha}\ell$ θέσουμε $\mu_o = 4\pi \cdot 10^{-7}\,T \cdot m / A$, $I_1 = I_2 = 1A$, $\ell = 1m$ και $\alpha = 1m$, προκύπτει: $F = 2 \cdot 10^{-7}\,N$

Επομένως:

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

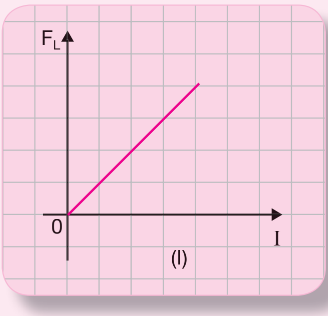
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

I Δύναμη Laplace

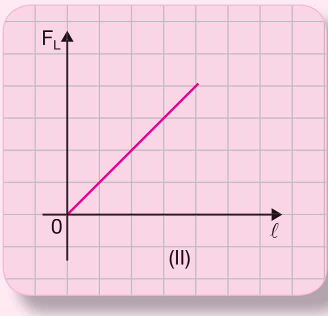
Γνωρίζουμε ότι ένας ευθύγραμμος αγωγός μήκους ℓ που διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα έντασης I και βρίσκεται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο με ένταση μέτρου B δέχεται δύναμη Laplace από το μαγνητικό πεδίο που έχει μέτρο $F_L = BI\ell\eta\mu\varphi$, όπου φ είναι η γωνία που σχηματίζει ο αγωγός με τη διεύθυνση των δυναμικών γραμμών.

Το μέτρο της δύναμης Laplace είναι ανάλογο:

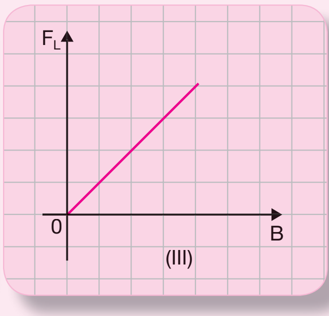
- με την ένταση I του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει τον αγωγό, όπως φαίνεται και στο διάγραμμα (I),
- με το μήκος ℓ του αγωγού που βρίσκεται μέσα στο μαγνητικό πεδίο, όπως φαίνεται και στο διάγραμμα (II),
- με το μέτρο B της έντασης του μαγνητικού πεδίου, όπως φαίνεται και στο διάγραμμα (III).



(I)

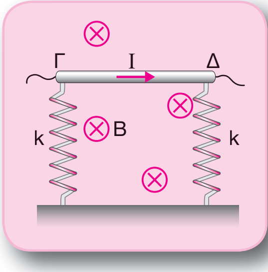


(II)



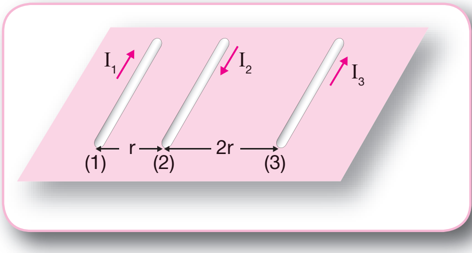
(III)

9.32) Τα άκρα ενός ευθύγραμμου οριζόντιου αγωγού ΓΔ μήκους ℓ και μάζας m είναι δεμένα στα ελεύθερα άκρα δύο κατακόρυφων ιδανικών ελατηρίων με σταθερές $k_1 = k_2 = k$, όπως φαίνεται στο σχήμα. Ο αγωγός ΓΔ διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα έντασης I και ισορροπεί οριζόντια με τα ελατήρια συσπειρωμένα κατά x. Το σύστημα βρίσκεται σε οριζόντιο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης μέτρου B που είναι κάθετο στο επίπεδο που ορίζουν τα δύο κατακόρυφα ελατήρια. Ποια σχέση είναι σωστή;



α) $x = \dfrac{mg - BI\ell}{2k}$ β) $x = \dfrac{mg + BI\ell}{2k}$ γ) $x = \dfrac{mg - BI\ell}{k}$

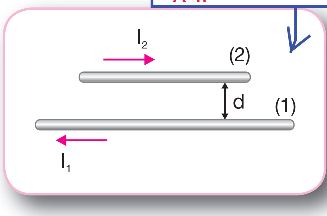
9.33) Τρεις παράλληλοι ευθύγραμμοι αγωγοί μεγάλου μήκους (1), (2) και (3) βρίσκονται επάνω σε λείο οριζόντιο επίπεδο και διαρρέονται από ρεύματα με εντάσεις I_1, I_2 και I_3 αντίστοιχα. Οι αγωγοί (1) και (2) απέχουν απόσταση r, οι αγωγοί (2) και (3) απόσταση 2r και η φορά των ρευμάτων είναι αυτή που φαίνεται στο σχήμα. Οι αγωγοί (1) και (3) συγκρατούνται σε σταθερή θέση και ο αγωγός (2) ισορροπεί. Οι εντάσεις I_1 και I_3 των ηλεκτρικών ρευμάτων που διαρρέουν τους αγωγούς (1) και (3) συνδέονται με τη σχέση:



α) $I_3 = 2I_1$ β) $I_3 = 3I_1$ γ) $I_3 = I_1$

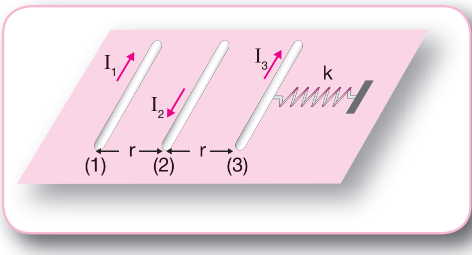
Προστέθηκαν οι ενδείξεις (1) και (2) στο σχήμα.

9.34) Ένας ευθύγραμμος αγωγός (1) μεγάλου μήκους διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα έντασης I_1. Πάνω από τον αγωγό και παράλληλα σ' αυτόν βρίσκεται ευθύγραμμος αγωγός (2) μήκους ℓ και μάζας m που διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα έντασης $I_2 = 2I_1$. Η φορά των ρευμάτων είναι αυτή που φαίνεται στο σχήμα. Ο αγωγός (2) ισορροπεί σε απόσταση $d = \dfrac{\ell}{4}$ από τον αγωγό (1). Η μάζα m του αγωγού (2) δίνεται από τη σχέση:



α) $m = \dfrac{\mu_o}{2\pi}\dfrac{16I_1^2}{g}$ β) $m = \dfrac{\mu_o}{2\pi}\dfrac{8I_1^2}{g}$ γ) $m = \dfrac{\mu_o}{2\pi}\dfrac{4I_1^2}{g}$

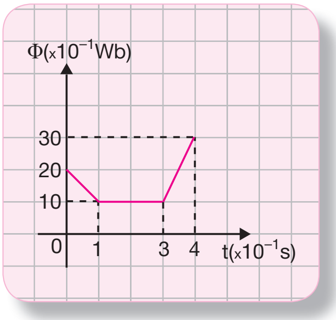
9.35) Τρεις παράλληλοι ευθύγραμμοι αγωγοί μεγάλου μήκους (1), (2) και (3) βρίσκονται επάνω σε λείο οριζόντιο επίπεδο, απέχουν διαδοχικά ανά δύο μεταξύ τους απόσταση r, διαρρέονται από ρεύματα με εντάσεις I_1, $I_2 = 2I_1$ και $I_3 = 4I_1$ αντίστοιχα και η φορά των ρευμάτων είναι αυτή που φαίνεται στο σχήμα. Οι αγωγοί (1) και (2) συ-



10.49) Στο διάγραμμα του σχήματος φαίνεται πώς μεταβάλλεται σε συνάρτηση με τον χρόνο η μαγνητική ροή που διέρχεται από ένα κλειστό συρμάτινο τετραγωνικό πλαίσιο με πλευρά $\alpha = 0{,}1\text{m}$ και αντίσταση ανά μονάδα μήκους $R^* = 10\ \Omega/\text{cm}$. Να υπολογίσετε:

α) την ηλεκτρεγερτική δύναμη από επαγωγή $\mathcal{E}_{\varepsilon\pi}$ που αναπτύσσεται στο πλαίσιο και να σχεδιάσετε τη γραφική παράσταση $\mathcal{E}_{\varepsilon\pi} = f(t)$,

β) την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει το πλαίσιο.



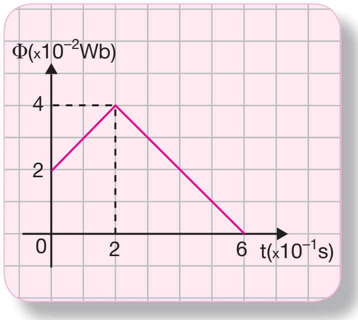
10.50) Στο διάγραμμα του σχήματος φαίνεται πώς μεταβάλλεται σε συνάρτηση με τον χρόνο η μαγνητική ροή που διέρχεται από ένα κλειστό συρμάτινο πλαίσιο με αντίσταση $R = 20\ \Omega$. Να υπολογίσετε:

α) την ηλεκτρεγερτική δύναμη από επαγωγή $\mathcal{E}_{\varepsilon\pi}$ που αναπτύσσεται στο πλαίσιο,

β) τα φορτία q_1 και q_2 που διέρχονται από το πλαίσιο στα χρονικά διαστήματα $\left[0,\ 2\cdot 10^{-1}\right)\text{s}$ και $\left[2\cdot 10^{-1},\ 6\cdot 10^{-1}\right]\text{s}$ αντίστοιχα,

γ) τη συνολική θερμότητα που εκλύεται στο πλαίσιο στο χρονικό διάστημα $\left[0,\ 6\cdot 10^{-1}\right]\text{s}$.

Διορθώθηκε ο εκθέτης.



10.51) Ένα τετραγωνικό πλαίσιο με πλευρά α και $N = 10$ σπείρες έχει αντίσταση $R_1 = 18\Omega$. Το πλαίσιο βρίσκεται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης $B = 0{,}01\text{T}$ με το επίπεδό του κάθετο στις δυναμικές γραμμές του πεδίου. Σε σειρά με το πλαίσιο συνδέεται ωμική αντίσταση $R_2 = 1\Omega$ και βαλλιστικό γαλβανόμετρο με αντίσταση $R_\gamma = 1\Omega$. Εάν αντιστρέψουμε τη φορά του μαγνητικού πεδίου, το φορτίο που διέρχεται από το πλαίσιο είναι $q = 10^{-2}\ \text{C}$.

α) Να υπολογίσετε την πλευρά α του πλαισίου.

β) Εάν περιστρέψουμε το πλαίσιο κατά γωνία $60°$ γύρω από άξονα που ταυτίζεται με μία του πλευρά σε χρόνο $\Delta t' = 0{,}5\text{s}$, να υπολογίσετε την ένταση του ρεύματος που θα διαρρέει το πλαίσιο.

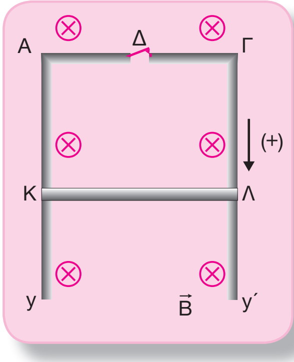
10.52) Ένας κυκλικός αγωγός έχει $N = 100$ σπείρες, διάμετρο $\delta = \frac{20}{\sqrt{\pi}}\text{cm}$ και αντίσταση $R = 10\Omega$. Ο αγωγός βρίσκεται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο κάθετα στις δυναμικές του γραμμές. Η ένταση του μαγνητικού πεδίου μεταβάλλεται με σταθερό ρυθμό $\frac{\Delta B}{\Delta t} = 0{,}1\text{T/s}$. Να υπολογίσετε:

α) το μέτρο της ηλεκτρεγερτικής δύναμης από επαγωγή που αναπτύσσεται στον αγωγό,

β) την ηλεκτρική ισχύ που απορροφά ο κυκλικός αγωγός,

γ) το φορτίο που διέρχεται από τον κυκλικό αγωγό σε χρονικό διάστημα $\Delta t = 1\text{s}$.

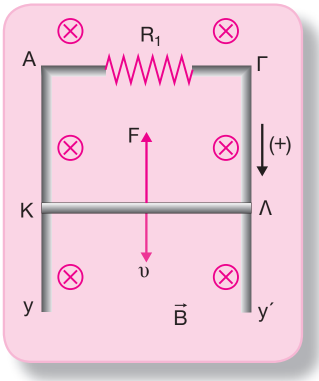
11.80) Δύο κατακόρυφα σύρματα Αy και Γy΄ έχουν αμελητέα αντίσταση, απέχουν μεταξύ τους απόσταση $\ell = 1\text{m}$ και τα άκρα τους Α και Γ συνδέονται με διακόπτη Δ. Ένας ευθύγραμμος αγωγός ΚΛ μάζας $m = 1\text{kg}$ και ωμικής αντίστασης $R_{ΚΛ} = 2\Omega$ μπορεί να κινείται κατακόρυφα χωρίς τριβές, έχοντας τα άκρα του Κ και Λ πάνω στα σύρματα Αy και Γy΄, όπως φαίνεται στο σχήμα. Ο αγωγός ΑΓ έχει αμελητέα αντίσταση. Η όλη διάταξη βρίσκεται μέσα σε οριζόντιο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης $B = 1\text{T}$. Τη χρονική στιγμή $t_0 = 0\text{s}$ αφήνουμε τον αγωγό ελεύθερο να κινηθεί και τη χρονική στιγμή $t_1 = 1\text{s}$ κλείνουμε τον διακόπτη. Δίνεται η επιτάχυνση της βαρύτητας $g = 10\text{m/s}^2$. Να υπολογίσετε:



α) το μέτρο της ταχύτητας του αγωγού ΚΛ τη χρονική στιγμή $t_1 = 1\text{s}$,
β) τη θερμική ισχύ που αναπτύσσεται στον αγωγό ΚΛ τη χρονική στιγμή $t_1 = 1\text{s}$,
γ) την οριακή ταχύτητα που αποκτά ο αγωγός ΚΛ,
δ) το μέτρο της ορμής του αγωγού ΚΛ, όταν ο ρυθμός μεταβολής της ορμής του είναι $\frac{\Delta p}{\Delta t} = 2{,}5\text{kg}\cdot\text{m/s}^2$.

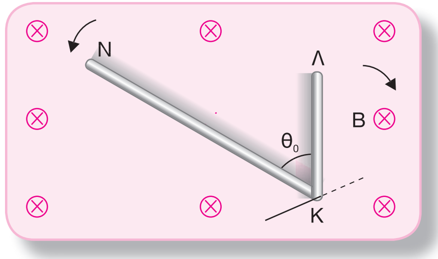
Διορθώθηκε ο αριθμός που υποδεικνύεται με κίτρινο χρώμα.

11.81) Δύο κατακόρυφα σύρματα Αy και Γy΄ έχουν αμελητέα αντίσταση, απέχουν μεταξύ τους απόσταση $\ell = 0{,}5\text{m}$ και τα άκρα τους Α και Γ συνδέονται με αντιστάτη αντίστασης $R_1 = 1\Omega$. Ένας ευθύγραμμος αγωγός ΚΛ μάζας $m = 1\text{kg}$ και ωμικής αντίστασης $R_{ΚΛ} = 1\Omega$ κινείται χωρίς τριβές κατακόρυφα προς τα κάτω με σταθερή ταχύτητα μέτρου υ, έχοντας τα άκρα του Κ και Λ πάνω στα σύρματα Αy και Γy΄, όπως φαίνεται στο σχήμα. Στον αγωγό ΚΛ ασκείται κατακόρυφη δύναμη μέτρου $F = 8\text{N}$ με φορά προς τα πάνω. Η όλη διάταξη βρίσκεται μέσα σε οριζόντιο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης $B = 2\text{T}$. Δίνεται η επιτάχυνση της βαρύτητας $g = 10\text{m/s}^2$. Να υπολογίσετε:



α) το μέτρο υ της ταχύτητας του αγωγού ΚΛ,
β) τη θερμική ισχύ που αναπτύσσεται στην αντίσταση R_1,
γ) τη θερμότητα που εκλύεται στον αγωγό ΚΛ για το χρονικό διάστημα που η μετατόπισή του είναι $\Delta x = 8\text{m}$,
δ) την οριακή ταχύτητα που θα αποκτήσει ο αγωγός ΚΛ, εάν καταργήσουμε τη δύναμη F.

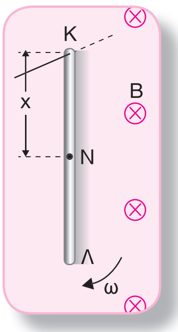
13.27) Οι ευθύγραμμοι αγωγοί ΚΛ και ΚΝ με μήκη $\ell_1 = 1\text{m}$ και $\ell_2 = 2\text{m}$ αντίστοιχα περιστρέφονται κατακόρυφα με σταθερές γωνιακές ταχύτητες ω_1 και ω_2 αντίθετης φοράς γύρω από σταθερό άξονα που διέρχεται από το κοινό τους άκρο Κ μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο που έχει ένταση $B = 1\text{T}$ και κατεύθυνση κάθετη στο επίπεδο περιστροφής των αγωγών. Τη χρονική στιγμή $t_0 = 0\text{s}$ οι δύο αγωγοί σχηματίζουν γωνία $\theta_0 = \frac{\pi}{3}\text{rad}$, όπως φαίνεται στο σχήμα. Τη χρονική στιγμή $t = \frac{\pi}{45}\text{s}$ οι δύο αγωγοί σχηματίζουν για πρώτη φορά γωνία $\theta = \pi\text{rad}$. Στο ίδιο χρονικό διάστημα κατά το οποίο οι δύο αγωγοί ΚΛ και ΚΝ έχουν διαγράψει ακέραιο αριθμό περιστροφών N_1 και N_2, τα τόξα d_1 και d_2 που διαγράφουν τα άκρα τους Λ και Ν αντίστοιχα συνδέονται με τη σχέση $\frac{d_1}{d_2} = \frac{1}{4}$. Να υπολογίσετε:

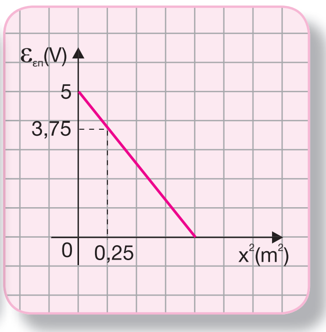


α) τη γωνιακή ταχύτητα κάθε αγωγού,
β) την ηλεκτρεγερτική δύναμη από επαγωγή που δημιουργείται στα άκρα κάθε αγωγού,
γ) τα μέτρα των κεντρομόλων επιταχύνσεων α_{κ_Λ} και α_{κ_N} των άκρων Λ και Ν των δύο αγωγών αντίστοιχα.

Προστέθηκε η λέξη "ίδιο".

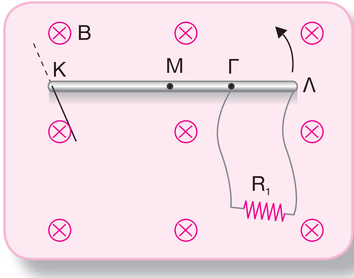
13.28) Ένας ευθύγραμμος αγωγός ΚΛ με μήκος ℓ περιστρέφεται κατακόρυφα με σταθερή γωνιακή ταχύτητα ω γύρω από σταθερό οριζόντιο άξονα που διέρχεται από το άκρο του Κ μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο που έχει ένταση $B = 1\text{T}$ και κατεύθυνση κάθετη στο επίπεδο περιστροφής του αγωγού, όπως φαίνεται στο σχήμα. Στο διάγραμμα του σχήματος φαίνεται πώς μεταβάλλεται η ηλεκτρεγερτική δύναμη από επαγωγή που αναπτύσσεται στο τμήμα ΝΛ του αγωγού σε συνάρτηση με το τετράγωνο της απόστασης του σημείου Ν από το άκρο Κ του αγωγού.





α) Να υπολογίσετε τη γωνιακή ταχύτητα και το μήκος του αγωγού.
β) Να βρείτε την ηλεκτρεγερτική δύναμη από επαγωγή που δημιουργείται στο τμήμα ΝΛ, εάν $N\Lambda = 0{,}25\text{m}$.
γ) Να κατασκευάσετε το διάγραμμα που δείχνει πώς μεταβάλλεται η ηλεκτρεγερτική δύναμη από επαγωγή που αναπτύσσεται στο τμήμα ΝΛ του αγωγού σε συνάρτηση με την απόσταση του σημείου Ν από το άκρο Κ του αγωγού.

13.33) Ένας ευθύγραμμος αγωγός ΚΛ μήκους $\ell = 1\text{m}$ και αντίστασης $R_{ΚΛ} = 10\Omega$ περιστρέφεται σε κατακόρυφο επίπεδο με σταθερή γωνιακή ταχύτητα $\omega = 20\text{rad/s}$ γύρω από σταθερό οριζόντιο άξονα που διέρχεται από το άκρο του Κ μέσα σε οριζόντιο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης $B = 1\text{T}$ που είναι κάθετο στο επίπεδο περιστροφής του αγωγού, όπως φαίνεται στο σχήμα.



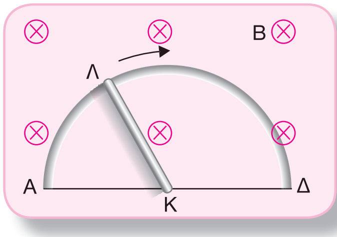
Τα σημεία Γ και Λ, με $ΚΓ = \ell_1 = 0{,}8\text{m}$, συνδέονται με αντιστάτη αντίστασης $R_1 = 1{,}6\Omega$. Θεωρούμε ότι ο αγωγός ΚΛ βρίσκεται σε οριζόντια θέση τη χρονική στιγμή $t_0 = 0$. Δίνεται το στοιχειώδες φορτίο του ηλεκτρονίου κατά απόλυτη τιμή $|q_e| = 1{,}6 \cdot 10^{-19}\text{C}$. Να υπολογίσετε:

α) την ηλεκτρεγερτική δύναμη από επαγωγή που αναπτύσσεται μεταξύ των σημείων Γ και Λ του αγωγού,

β) τον αριθμό των ηλεκτρονίων που διέρχονται από μία διατομή του αντιστάτη σε χρονικό διάστημα $\Delta t = 16\text{s}$,

γ) το μέτρο της μεταβολής της κεντρομόλου επιτάχυνσης του μέσου Δ του τμήματος ΓΛ σε χρονικό διάστημα $\Delta t = \frac{T}{4}$.

13.34) Ένας ευθύγραμμος αγωγός ΚΛ μήκους $\ell = 1\text{m}$ και αμελητέας αντίστασης περιστρέφεται σε κατακόρυφο επίπεδο με σταθερή γωνιακή ταχύτητα $\omega = 10\text{rad/s}$ γύρω από σταθερό οριζόντιο άξονα που διέρχεται από το άκρο του Κ. Ο αγωγός περιστρέφεται εφαπτόμενος σε κατακόρυφο ημικυκλικό αγωγό ΑΛΔ από ομογενές σύρμα αντίστασης $R_{ΑΔ} = 4\Omega$ και εμβαδού διατομής S. Το σύστημα των δύο αγωγών βρίσκεται μέσα σε ομογενές οριζόντιο μαγνητικό πεδίο έντασης $B = 2\text{T}$ κάθετο στο επίπεδο των αγωγών. Οι αγωγοί ΑΚ και ΚΔ έχουν αμελητέα αντίσταση.



α) Να βρείτε σε ποια θέση πρέπει να είναι ο αγωγός ΚΛ ώστε η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος που τον διαρρέει να είναι ελάχιστη και να υπολογίσετε την ελάχιστη ένταση του ρεύματος.

β) Να υπολογίσετε την ηλεκτρική ισχύ των δύο αντιστάσεων $R_{ΑΛ}$ και $R_{ΛΔ}$, όταν η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει τον αγωγό ΚΛ είναι ελάχιστη.

γ) Να βρείτε τον λόγο των ισχύων $\frac{P_{ΑΛ}}{P_{ΛΔ}}$, όταν ο αγωγός ΚΛ σχηματίζει γωνία $\varphi = \frac{\pi}{6}\text{rad}$ με τον αγωγό ΑΚ.

Διορθώθηκε η λέξη "μέγιστη" σε "ελάχιστη".

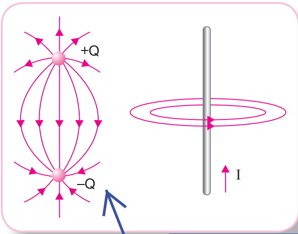
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 18ο

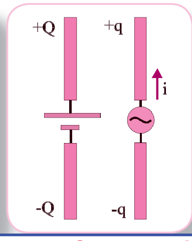
ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΚΥΜΑΤΑ

ΤΑΛΑΝΤΟΥΜΕΝΟ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΔΙΠΟΛΟ

Ένα σύστημα δύο φορτίων +Q και –Q δημιουργεί ηλεκτρικό πεδίο, ενώ ένας αγωγός που διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα δημιουργεί γύρω του μαγνητικό πεδίο.

Εάν συνδέσουμε δύο μεταλλικούς αγωγούς στους πόλους μίας πηγής συνεχούς τάσης, οι αγωγοί φορτίζονται με φορτία +Q και –Q αντίστοιχα. Εάν οι δύο αγωγοί συνδεθούν με γεννήτρια εναλλασσόμενης τάσης, αποκτούν ετερόσημα φορτία +q και –q που μεταβάλλονται ημιτονοειδώς με τον χρόνο και η διάταξη διαρρέεται από εναλλασσόμενο ρεύμα.





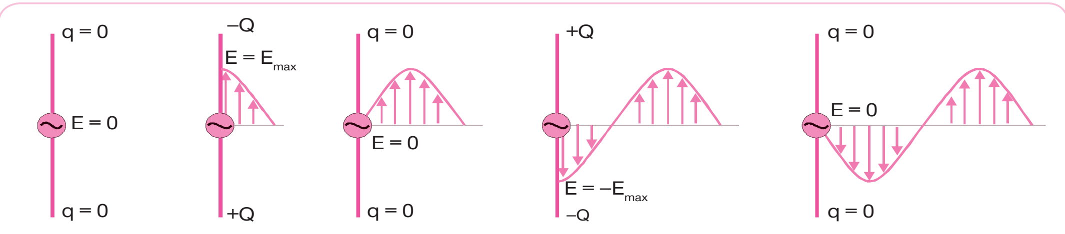
Προστέθηκε το –Q στο σχήμα.

Ένα σύστημα δύο αγωγών που συνδέονται με εναλλασσόμενη τάση ονομάζεται ταλαντούμενο ηλεκτρικό δίπολο.

Το ταλαντούμενο ηλεκτρικό δίπολο αποτελεί την κεραία εκπομπής ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων σε ραδιοφωνικούς και τηλεοπτικούς σταθμούς.

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΚΥΜΑΤΩΝ

Το ταλαντούμενο ηλεκτρικό δίπολο είναι μία απλή διάταξη παραγωγής ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων. Στα παρακάτω σχήματα απεικονίζεται το ηλεκτρικό πεδίο που δημιουργείται από ένα ταλαντούμενο ηλεκτρικό δίπολο.



(α) t=0 (β) t=T/4 (γ) t=T/2 (δ) t=3T/4 (ε) t=T

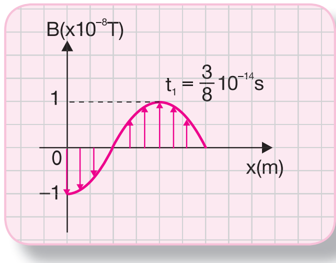
18.66) Η εξίσωση του μαγνητικού πεδίου ενός αρμονικού ηλεκτρομαγνητικού κύματος είναι $B = 10^{-8}\,\eta\mu 2\pi\left(2\cdot 10^{10}t - \frac{10^2}{1{,}5}x\right)$ στο SI. Ποια πρόταση είναι σωστή;

α) Όταν η φάση της έντασης του μαγνητικού πεδίου είναι $\varphi = \left(\pi\cdot 10^5 + \frac{3\pi}{2}\right)\text{rad}$, η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου έχει μέτρο $E = 3V/m$.

β) Όταν η φάση της έντασης του μαγνητικού πεδίου για $x = 0$ είναι $\varphi = 2\pi\cdot 10^{10}\,\text{rad}$, το κύμα έχει διανύσει απόσταση $d = 1{,}5\cdot 10^{10}\,\text{m}$.

γ) Η ακτινοβολία έχει παραχθεί από την επιβράδυνση ηλεκτρονίων κατά την πρόσκρουσή τους σε μεταλλικό στόχο.

18.67) Στο διάγραμμα του σχήματος δίνεται το στιγμιότυπο της έντασης του μαγνητικού πεδίου ενός ηλεκτρομαγνητικού κύματος που διαδίδεται στο κενό τη χρονική στιγμή $t_1 = \frac{3}{8}10^{-14}\,\text{s}$. Η εξίσωση της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου του ηλεκτρομαγνητικού κύματος είναι:



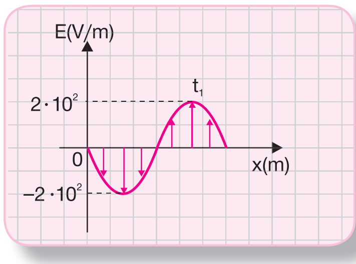
α) $E = 2\eta\mu 2\pi\left(10^{14}t - \frac{2\cdot 10^6 x}{3}\right)$ (SI)

β) $E = 3\eta\mu 2\pi\left(2\cdot 10^{14}t - \frac{2\cdot 10^6 x}{3}\right)$ (SI)

γ) $E = 3\eta\mu 2\pi\left(10^{14}t - \frac{2\cdot 10^6 x}{3}\right)$ (SI)

Τροποποιήθηκαν τα σχήματα των ασκήσεων 18.67 και 18.68 καθώς και ο τύπος που υποδεικνύεται.

18.68) Στο διάγραμμα του σχήματος δίνεται το στιγμιότυπο της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου ενός ηλεκτρομαγνητικού κύματος που διαδίδεται στο κενό τη χρονική στιγμή $t_1 = \frac{1}{2}\cdot 10^{-6}\,\text{s}$.
Η εξίσωση της έντασης του μαγνητικού πεδίου του ηλεκτρομαγνητικού κύματος είναι:

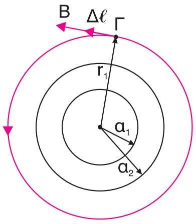


α) $B = \frac{2}{3}10^{-6}\,\eta\mu 2\pi\left(2\cdot 10^6 t - \frac{x}{150}\right)$ (SI)

β) $B = \frac{1}{3}10^{-6}\,\eta\mu 2\pi\left(2\cdot 10^6 t - \frac{x}{150}\right)$ (SI)

γ) $B = \frac{2}{3}10^{-6}\,\eta\mu 2\pi\left(2\cdot 10^6 t - \frac{x}{300}\right)$ (SI)

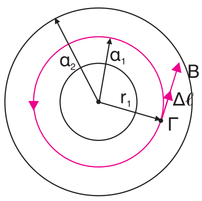
5.25) γ: Εφαρμόζουμε τον νόμο του Ampère κατά μήκος μίας κλειστής κυκλικής διαδρομής, ακτίνας r_1, όπως φαίνεται στο σχήμα.



$\sum B\Delta\ell\,\sigma\upsilon\nu\theta = \mu_o I_{\varepsilon\gamma\kappa}$ ή $\sum B\Delta\ell = \mu_o\left|I_1 - I_2\right|$ ή $B\sum\Delta\ell = 0$ ή

$B\cdot 2\pi r_1 = 0$ ή $B = 0$

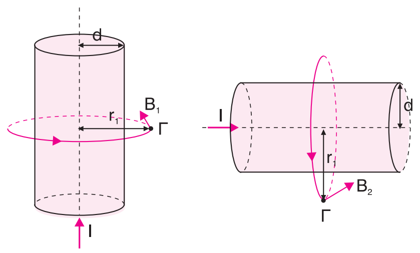
5.26) α: Το σημείο Γ βρίσκεται μεταξύ του σύρματος και του κελύφους. Εφαρμόζουμε τον νόμο του Ampère κατά μήκος μίας κλειστής διαδρομής ακτίνας r_1.



$\sum B\Delta\ell\,\sigma\upsilon\nu\theta = \mu_o I_{\varepsilon\gamma\kappa}$ ή $\sum B\Delta\ell = \mu_o I_1$ ή $B\sum\Delta\ell = \mu_o I_1$ ή

$B\cdot 2\pi r_1 = \mu_o I_1$ ή $B = \dfrac{\mu_o I_1}{2\pi r_1}$

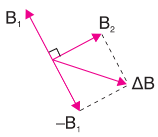
5.27) γ: $B_1 = B_2 = \dfrac{\mu_o I}{2\pi r_1}$ (δες Βασική άσκηση 5.2)



Τα διανύσματα B_1, B_2 σχηματίζουν γωνία 90°. Επομένως:

$\Delta\vec{B} = \vec{B}_2 - \vec{B}_1$ ή $\Delta\vec{B} = \vec{B}_2 + \left(-\vec{B}_1\right)$ ή

$\Delta B = \sqrt{B_2^2 + B_1^2} = B_1\sqrt{2} = \dfrac{\mu_o I\sqrt{2}}{2\pi r_1}$



5.28) $I_1 = \dfrac{\mathcal{E}_1}{R_1 + r_1}$ ή $I_1 = 2A$, $I_2 = \dfrac{\mathcal{E}_2}{R_2 + r_2}$ ή $I_2 = 2A$,

$I_3 = \dfrac{\mathcal{E}_3}{R_3 + r_3}$ ή $I_3 = 5A$

$\sum B\Delta\ell\,\sigma\upsilon\nu\theta = \mu_o I_{\varepsilon\gamma\kappa} = \mu_o\left(-I_1 - I_2 + I_3\right)$ ή

$\sum B\Delta\ell\,\sigma\upsilon\nu\theta = 4\pi\cdot 10^{-7}\,T\cdot m$

5.29) α) $I_1 = \dfrac{\mathcal{E}_1}{R_1 + r_1}$ ή $I_1 = 4A$

β) $Q = I_1^2 R_1 \Delta t$ ή $Q = 38.400J$

γ) $\sum B\Delta\ell\,\sigma\upsilon\nu\theta = 0$ ή $\mu_o\left(I_1 - I_2\right) = 0$ ή $I_1 = I_2$ ή $I_2 = 4A$

$I_2 = \dfrac{\mathcal{E}_2}{R_2 + r_2}$ ή $R_2 + r_2 = \dfrac{\mathcal{E}_2}{I_2}$ ή $r_2 = \dfrac{\mathcal{E}_2}{I_2} - R_2$ ή $r_2 = 2\Omega$

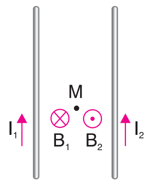
δ) $I_2' = \dfrac{\mathcal{E}_2'}{R_2 + r_2'}$ ή $I_2' = 3A$

$\sum B\Delta\ell\,\sigma\upsilon\nu\theta = \mu_o\left(I_1 - I_2'\right)$ ή $\sum B\Delta\ell\,\sigma\upsilon\nu\theta = 4\pi\cdot 10^{-7}\,T\cdot m$

5.30) α) $B_M = B_2 - B_1$ ή $B_2 = B_M + B_1$ ή

$B_2 = B_M + \dfrac{\mu_o}{4\pi}\dfrac{2I_1}{\frac{d}{2}}$ ή $B_2 = 6\cdot 10^{-5}\,T$

$B_2 = \dfrac{\mu_o}{4\pi}\dfrac{2I_2}{\frac{d}{2}}$ ή $B_2 = \dfrac{\mu_o}{\pi}\dfrac{I_2}{d}$ ή $I_2 = \dfrac{B_2\pi d}{\mu_o}$



ή $I_2 = 6A$

β) Το σημείο Ζ βρίσκεται στην περιοχή ανάμεσα στα δύο σύρματα.

Εάν το σημείο Ζ απέχει απόσταση x από το σύρμα (1), τότε απέχει απόσταση d – x από το σύρμα (2). Επομένως:

$B_Z = 0$ ή $B_1 = B_2$ ή $\dfrac{\mu_o}{4\pi}\dfrac{2I_1}{x} = \dfrac{\mu_o}{4\pi}\dfrac{2I_2}{d - x}$ ή

$\dfrac{2}{x} = \dfrac{6}{d - x}$ ή $\dfrac{1}{x} = \dfrac{3}{4 - x}$ ή $3x = 4 - x$ ή $x = 1cm$

γ) $\left(\sum B\Delta\ell\,\sigma\upsilon\nu\theta\right)_1 = \mu_o(I_1 + I_2)$ ή

$\left(\sum B\Delta\ell\,\sigma\upsilon\nu\theta\right)_1 = 32\pi\cdot 10^{-7}\,T\cdot m$

δ) $\left(\sum B\Delta\ell\,\sigma\upsilon\nu\theta\right)_2 = \mu_o(-I_1 + I_2)$ ή

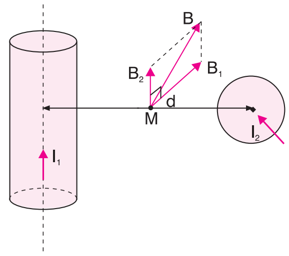
$\left(\sum B\Delta\ell\,\sigma\upsilon\nu\theta\right)_2 = 16\pi\cdot 10^{-7}\,T\cdot m$

$\pi\% = \dfrac{\left(\sum B\Delta\ell\,\sigma\upsilon\nu\theta\right)_2 - \left(\sum B\Delta\ell\,\sigma\upsilon\nu\theta\right)_1}{\left(\sum B\Delta\ell\,\sigma\upsilon\nu\theta\right)_1}\cdot 100\%$ ή

$\pi\% = -50\%$

Διορθώθηκε το αποτέλεσμα που υποδεικνύεται με κίτρινο χρώμα.

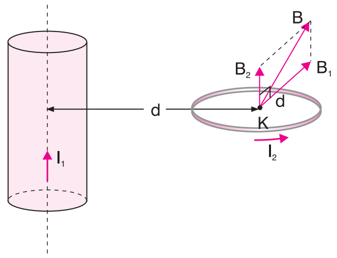
5.31) $B_1=\frac{\mu_o I_1}{2\pi\frac{d}{2}}$ ή $B_1=3\cdot10^{-6}T$ (δες Βασική άσκηση 5.2)



$B_2=\frac{\mu_o I_2}{2\pi\frac{d}{2}}$ ή $B_2=4\cdot10^{-6}T$

$B=\sqrt{B_1^2+B_2^2}$ ή $B=5\cdot10^{-6}T$

5.32) $B_1=\frac{\mu_o I_1}{2\pi d}$ ή $B_1=2\cdot10^{-6}T$ (δες Βασική άσκηση 5.2)



$B_2=\frac{\mu_o}{4\pi}\frac{2\pi I_2}{r_2}$ ή $B_2=1{,}5\cdot10^{-6}T$

$B=\sqrt{B_1^2+B_2^2}$ ή $B=\sqrt{6{,}25\cdot10^{-12}}T$ ή $B=2{,}5\cdot10^{-6}T$

5.33) Το μέτρο B_1 της έντασης του μαγνητικού πεδίου λόγω του κυλινδρικού αγωγού στο σημείο Κ είναι:

$B_1=\frac{\mu_o I_1}{2\pi x}$ (δες Βασική άσκηση 5.2)

Το μέτρο B_2 της έντασης του μαγνητικού πεδίου λόγω του ρεύματος I_2 στο σημείο Κ είναι:

$B_2=\frac{\mu_o}{4\pi}\frac{2\pi I_2}{\alpha}$ ή $B_2=\frac{\mu_o}{4\pi}\frac{2\pi\frac{I_1}{5\pi}}{\alpha}$ ή $B_2=\frac{\mu_o I_1}{10\pi\alpha}$

$B_{ολ}=B_1-B_2=0$ ή $B_1=B_2$ ή $\frac{\mu_o I}{2\pi x}=\frac{\mu_o I_1}{10\pi\alpha}$ ή $x=5\alpha$

5.34) α) Το μέτρο B_1 της έντασης στο σημείο Γ λόγω του κυλινδρικού αγωγού είναι:

$B_1=\frac{\mu_o I}{2\pi r_1}$ ή $B_1=10^{-5}T$ (δες Βασική άσκηση 5.2)

Τα διανύσματα B_1, B έχουν αντίθετη κατεύθυνση, άρα:

$B_{ολ}=B_1-B$ ή $B_{ολ}=5\cdot10^{-6}T$ με φορά από τον αναγνώστη προς το χαρτί.

β) Έστω ότι το σημείο Δ απέχει απόσταση r_2 από τον άξονα του κυλινδρικού αγωγού.

$B_{ολ}=B_Δ-B=0$ ή $B_Δ=B$ ή $\frac{\mu_o I}{2\pi r_2}=B$ ή $r_2=\frac{\mu_o I}{2\pi B}$ ή

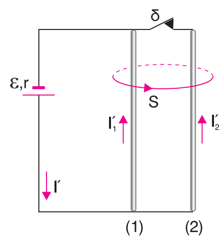
$r_2=16cm$

5.35) α) $I=\frac{\varepsilon}{R_1+r}$ ή $I=4A$

$\sum B\Delta\ell συνθ=\mu_o I$ ή $\sum B\Delta\ell συνθ=16\pi\cdot10^{-7}T\cdot m$

β) $R_{1,2}=\frac{R_1R_2}{R_1+R_2}$ ή $R_{1,2}=2\Omega$

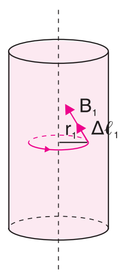
$R'_{ολ}=R_{1,2}+r=4\Omega$ και $I'=\frac{\varepsilon}{R'_{ολ}}=10A$



Επειδή $I'_1+I'_2=I'$, έχουμε:

$\sum B\Delta\ell συνθ=\mu_o(I'_1+I'_2)$ ή $\sum B\Delta\ell συνθ=40\pi\cdot10^{-7}T\cdot m$

5.36) α) Λόγω συμμετρίας της διάταξης το μαγνητικό πεδίο έχει ένταση ίδιου μέτρου σε όλα τα σημεία που ισαπέχουν από τον άξονα του αγωγού.



Για μία κυκλική επιφάνεια ακτίνας $r_1<d$ που είναι κάθετη στον άξονα του αγωγού και έχει το κέντρο της πάνω στον άξονα, το ηλεκτρικό ρεύμα που τη διαρρέει είναι ανάλογο του εμβαδού της. Επομένως:

$\frac{I'}{\pi r_1^2}=\frac{I}{\pi d^2}$ ή $I'=\frac{Ir_1^2}{d^2}$

Εφαρμόζουμε τον νόμο του Ampère κατά μήκος μίας κλειστής κυκλικής διαδρομής ακτίνας $r_1=4cm$, όπως φαίνεται στο σχήμα:

Διορθώθηκε ο υποδεικνυόμενος τύπος.

8.81) γ: $\theta_1=\omega_1 t$ (1) και $\theta_2=\omega_2 t$ (2)

Διαιρώντας κατά μέλη τις σχέσεις (1) και (2), έχουμε:

$$\frac{\theta_1}{\theta_2}=\frac{\omega_1 t}{\omega_2 t} \text{ ή } \frac{\theta}{2\theta}=\frac{\omega_1}{\omega_2} \text{ ή } \frac{\theta}{2\theta}=\frac{\frac{2\pi}{T_1}}{\frac{2\pi}{T_2}} \text{ ή } \frac{\theta}{2\theta}=\frac{T_2}{T_1} \text{ ή}$$

$$\frac{T_2}{T_1}=\frac{1}{2} \text{ ή } \frac{\frac{2\pi m_2}{B|q|}}{\frac{2\pi m_1}{B|q|}}=\frac{1}{2} \text{ ή } \frac{m_2}{m_1}=\frac{1}{2} \text{ ή } m_1=2m_2$$

8.82) β: Σε χρόνο $t=\frac{T}{5}$ το σωματίδιο διανύει διάστημα:

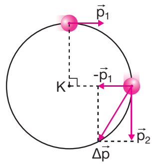
$$s=\upsilon t=\upsilon\frac{T}{5}=\frac{B|q|R}{m}\cdot\frac{2\pi m}{5B|q|}=\frac{2\pi R}{5}$$

8.83) β:

$$\Delta\vec{p}=\vec{p}_2-\vec{p}_1=\vec{p}_2+(-\vec{p}_1) \text{ ή}$$

$$\Delta p=\sqrt{(m\upsilon)^2+(m\upsilon)^2}=$$

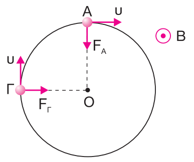
$$=\sqrt{2m^2\upsilon^2}=m\upsilon\sqrt{2}$$



8.84) α: Σε χρονικό διάστημα $\Delta t=\frac{3T}{4}$ το σωματίδιο από το σημείο Α φτάνει στο σημείο Γ.

$$\left(\frac{\Delta p}{\Delta t}\right)_A=F_A=Bq\upsilon \text{ και}$$

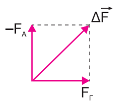
$$\left(\frac{\Delta p}{\Delta t}\right)_\Gamma=F_\Gamma=Bq\upsilon$$



$$\Delta\left(\frac{\Delta\vec{p}}{\Delta t}\right)=\left(\frac{\Delta\vec{p}}{\Delta t}\right)_\Gamma-\left(\frac{\Delta\vec{p}}{\Delta t}\right)_A \text{ ή}$$

$$\Delta\left(\frac{\Delta\vec{p}}{\Delta t}\right)=\vec{F}_\Gamma-\vec{F}_A \text{ ή}$$

$$\Delta\left(\frac{\Delta\vec{p}}{\Delta t}\right)=\vec{F}_\Gamma+\left(-\vec{F}_A\right)$$



$$\Delta F=\sqrt{F_\Gamma^2+F_A^2} \text{ ή } \Delta F=Bq\upsilon\sqrt{2}$$

Άρα: $\Delta\left(\frac{\Delta p}{\Delta t}\right)=\Delta F=Bq\upsilon\sqrt{2}$

8.85) $A-\alpha_1$: Η απάντηση προκύπτει από τον κανόνα των τριών δακτύλων.

$B-\beta_2$: $R_2=2R_1$ ή $\frac{m\upsilon}{B_2|q|}=2\frac{m\upsilon}{B_1|q|}$ ή $B_1=2B_2$

$\Gamma-\gamma_2$: $|\Delta p|=|p_\Gamma-p_A|=|m\upsilon-(-m\upsilon)|=2m\upsilon$

8.86) α: Το μαγνητικό πεδίο στο σημείο Α είναι:

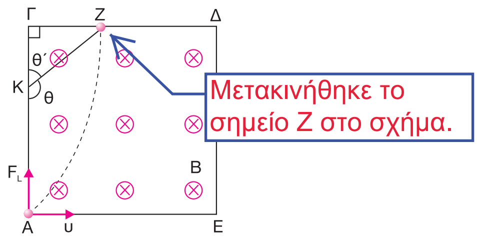
$$B=B_1+B_2 \text{ ή } B=\frac{\mu_o}{4\pi}\frac{2I_1}{2d}+\frac{\mu_o}{4\pi}\frac{2I_2}{d} \text{ ή}$$

$$B=\frac{\mu_o}{4\pi}\frac{2I}{d}+\frac{\mu_o}{4\pi}\frac{2I}{d} \text{ ή } B=\frac{\mu_o I}{\pi d}$$

Η δύναμη Lorentz που ασκείται στο σωματίδιο είναι:

$$F_L=Bq\upsilon\eta\mu\theta \text{ ή } F_L=Bq\upsilon \text{ ή } F_L=\frac{\mu_o I}{\pi d}q\upsilon$$

8.87) β: Η δύναμη Lorentz F_L που ασκείται στο σωματίδιο παίζει τον ρόλο κεντρομόλου δύναμης, άρα το κέντρο Κ της κυκλικής τροχιάς βρίσκεται πάνω στην πλευρά ΑΓ.



Το μήκος S του τόξου $\overset{\frown}{AZ}$ συνδέεται με την επίκεντρη γωνία θ με τη σχέση S = Rθ. Επομένως:

$$S=R\theta \text{ ή } \frac{3\pi m\upsilon}{4Bq}=\frac{m\upsilon}{Bq}\theta \text{ ή } \theta=\frac{3\pi}{4}\text{rad}$$

$$\theta'=\pi-\frac{3\pi}{4} \text{ ή } \theta'=\frac{\pi}{4}\text{rad}$$

Στο ορθογώνιο τρίγωνο ΚΓΖ έχουμε:

$$\sigma\upsilon\nu\theta'=\frac{K\Gamma}{KZ} \text{ ή } \frac{\sqrt{2}}{2}=\frac{\alpha-R}{R} \text{ ή } R\sqrt{2}=2\alpha-2R \text{ ή } R=\frac{2\alpha}{2+\sqrt{2}}$$

8.88) γ: Έστω B_1 το μαγνητικό πεδίο στο σημείο Μ που οφείλεται στον κυλινδρικό αγωγό και B_2 το μαγνητικό πεδίο που οφείλεται στον ευθύγραμμο αγωγό:

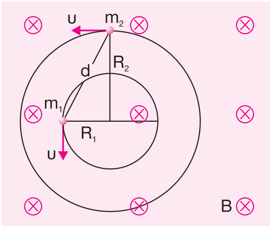
$$B_1=\frac{\mu_o I_1}{2\pi\frac{d}{2}}=\frac{\mu_o I}{\pi d} \text{ και } B_2=\frac{\mu_o}{4\pi}\frac{2I_2}{\frac{d}{2}}=\frac{\mu_o I}{\pi d}$$

Η συνισταμένη ένταση του μαγνητικού πεδίου είναι:

$$B=B_1+B_2 \text{ ή } B=\frac{2\mu_o I}{\pi d}$$

$$F=B\upsilon q \text{ ή } F=\frac{2\mu_o I\upsilon q}{\pi d}$$

Τη χρονική στιγμή $t=\dfrac{\pi m}{B|q|}$ τα δύο σωματίδια έχουν διαγράψει τόξα που αντιστοιχούν σε επίκεντρες γωνίες $\theta_1=\omega_1 t$ και $\theta_2=\omega_2 t$ αντίστοιχα.



$$\theta_1=\omega_1 t \;\text{ ή }\; \theta_1=\frac{2\pi}{T_1}t \;\text{ ή }\; \theta_1=\frac{2\pi}{\frac{2\pi m_1}{B|q|}}\cdot\frac{\pi m}{B|q|} \;\text{ ή }\; \theta_1=\pi\,\text{rad}$$

$$\theta_2=\omega_2 t \;\text{ ή }\; \theta_2=\frac{2\pi}{T_2}t \;\text{ ή }\; \theta_2=\frac{2\pi}{\frac{2\pi m_2}{B|q|}}\cdot\frac{\pi m}{B|q|} \;\text{ ή }\; \theta_2=\frac{\pi m}{2m}=\frac{\pi}{2}\text{rad}$$

$$d=\sqrt{R_1^2+R_2^2} \;\text{ ή }\; d=\sqrt{R_1^2+4R_1^2} \;\text{ ή }\; d=R_1\sqrt{5}$$

8.99) α: $\upsilon_1=\dfrac{S_1}{t_1}$ και $\upsilon_2=\dfrac{S_2}{t_1}$

Επομένως: $\dfrac{\upsilon_1}{\upsilon_2}=\dfrac{S_1}{S_2}$ ή $\dfrac{\upsilon_1}{\upsilon_2}=\dfrac{S}{3S_1}$ ή $\upsilon_2=3\upsilon_1$

$$\frac{R_1}{R_2}=\frac{\frac{m\upsilon_1}{B|q_1|}}{\frac{m\upsilon_2}{B|q_2|}} \;\text{ ή }\; \frac{R_1}{3R_1}=\frac{\frac{\upsilon_1}{|q_1|}}{\frac{3\upsilon_1}{|q_2|}} \;\text{ ή }\; \frac{1}{3}=\frac{|q_2|}{3|q_1|} \;\text{ ή }\; |q_1|=|q_2|$$

8.100) β: Το σωματίδιο δέχεται δύναμη Lorentz F_L.

Εάν Κ το κέντρο της κυκλικής του τροχιάς, ισχύει:

$AK=K\Gamma=R$

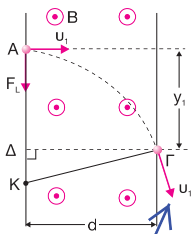
Από το ορθογώνιο τρίγωνο ΚΔΓ έχουμε:

$K\Gamma^2=\Delta\Gamma^2+\Delta K^2$ ή

$R^2=d^2+(R-y)^2$ ή

$R^2=d^2+R^2+y^2-2Ry$ ή

$R=\dfrac{d^2+y^2}{2y}$



Τροποποιήθηκε το υποδεικνυόμενο διάνυσμα.

Για $y_1=2d$ έχουμε: $R_1=\dfrac{d^2+y_1^2}{2y_1}=\dfrac{d^2+4d^2}{4d}=\dfrac{5}{4}d$

Για $y_2=3d$ έχουμε: $R_2=\dfrac{d^2+y_2^2}{2y_2}=\dfrac{d^2+9d^2}{6d}=\dfrac{5}{3}d$

Επομένως: $\dfrac{R_1}{R_2}=\dfrac{\frac{5}{4}d}{\frac{5}{3}d}$ ή $\dfrac{R_1}{R_2}=\dfrac{3}{4}$

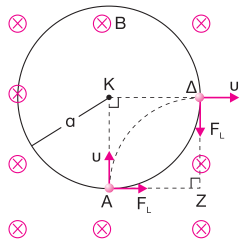
8.101) α_2: Όπως προκύπτει από τον κανόνα των τριών δακτύλων του δεξιού χεριού, τα σωματίδια είναι αρνητικά φορτισμένα.

β_2: Εφόσον η απόσταση μεταξύ των δύο σωματιδίων παραμένει σταθερή, ισχύει:

$$T_1=T_2 \;\text{ ή }\; \frac{2\pi m_1}{|q_1|B}=\frac{2\pi m_2}{|q_2|B} \;\text{ ή }\; \frac{m_1}{|q_1|}=\frac{m_2}{|q_2|} \;\text{ ή }\; \frac{|q_1|}{m_1}=\frac{|q_2|}{m_2}$$

γ: $R_2=2R_1$ ή $\dfrac{m_2\upsilon_2}{|q_2|B}=2\dfrac{m_1\upsilon_1}{|q_1|B}$ ή $\upsilon_2=2\upsilon_1$

8.102) α_1: Το σωματίδιο δέχεται δύναμη Lorentz, όπως φαίνεται στο σχήμα.



Έστω Ζ το κέντρο της κυκλικής τροχιάς του σωματιδίου.

Το ΚΔΖΑ είναι τετράγωνο με πλευρά α. Άρα η ακτίνα της κυκλικής τροχιάς του σωματιδίου είναι α.

$\alpha=\dfrac{m\upsilon}{|q|B}$ ή $B=\dfrac{m\upsilon}{\alpha|q|}$

β_3: Ισχύει: $\hat{Z}=\dfrac{\pi}{2}\text{rad}$

Επομένως: $S=\theta R$ ή $S=\dfrac{\pi}{2}\cdot\alpha$

8.103) γ: $\dfrac{1}{2}m\upsilon^2=qV$ ή $\upsilon=\sqrt{\dfrac{2qV}{m}}$

$$=\frac{m\upsilon}{Bq}=\frac{m}{Bq}\sqrt{\frac{2qV}{m}}=\sqrt{\frac{2mV}{qB^2}}$$

$$R_{ολ}=\frac{B\cdot\alpha\cdot\beta\left|συν\frac{\pi}{2}-συν\frac{\pi}{3}\right|}{q}N \quad ή \quad R_{ολ}=40\Omega$$

$R_{ολ}=R_{\gamma}+R_{\pi}$ ή $R_{\pi}=30\Omega$ και $R_{\sigma}=\frac{R_{\pi}}{N}$ ή

$R_{\sigma}=0{,}3\Omega$

β) $q=N_e|q_e|$ ή $N_e=\frac{q}{|q_e|}$ ή

$N_e=0{,}625\cdot 10^{18}$ ηλεκτρόνια

γ) $I=\frac{q}{\Delta t_1}$ ή $I=0{,}5A$

$Q=I^2R_{\sigma}\Delta t_1$ ή $Q=0{,}015J$

δ) $P_{\gamma}=I^2R_{\gamma}$ ή $P_{\gamma}=2{,}5W$

10.57) α) $\mathcal{E}_{επ}=N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}=N\frac{\Delta(BA)}{\Delta t}=NA\frac{\Delta B}{\Delta t}$ ή

$\mathcal{E}_{επ}=16V$

β) $P_{\kappa}=V_{\kappa}I_{\kappa}$ ή $I_{\kappa}=\frac{P_{\kappa}}{V_{\kappa}}$ ή $I_{\kappa}=1{,}5A$

$R_{\Lambda}=\frac{V_{\kappa}}{I_{\kappa}}$ ή $R_{\Lambda}=2\Omega$

$R_{ολ}=R_{\pi}+R_{1,\Lambda}$ ή $R_{ολ}=R_{\pi}+\frac{R_1R_{\Lambda}}{R_1+R_{\Lambda}}$ ή $R_{ολ}=8\Omega$

$I=\frac{\mathcal{E}_{επ}}{R_{ολ}}$ ή $I=2A$

γ) $V_{\pi}=\mathcal{E}_{επ}-IR_{\pi}$ ή $V_{\pi}=3V$

Επειδή $V_{\pi}=V_{\kappa}$, ο λαμπτήρας λειτουργεί κανονικά.

δ) $I_1=\frac{V_{\pi}}{R_1}$ ή $I_1=0{,}5A$ και $P_1=I_1^2R_1$ ή $P_1=1{,}5W$

$N=\frac{q}{|q_e|}=\frac{I_1\Delta t}{|q_e|}$ ή $N=5\cdot 10^{18}$ ηλεκτρόνια

Διορθώθηκε ο εκθέτης.

1ο ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

ΘΕΜΑ 1ο

1) γ
2) β

ΘΕΜΑ 2ο

1) α: $\mathcal{E}_{επ_1}=\left|\frac{\Delta\Phi_1}{\Delta t_1}\right|$ ή $\mathcal{E}_{επ_1}=\frac{|4\Phi_0-\Phi_0|}{t}$ ή $\mathcal{E}_{επ_1}=\frac{3\Phi_0}{t}$ (1)

$\mathcal{E}_{επ_2}=\left|\frac{\Delta\Phi_2}{\Delta t_2}\right|$ ή $\mathcal{E}_{επ_2}=\frac{|7\Phi_0-\Phi_0|}{t}$ ή $\mathcal{E}_{επ_2}=\frac{6\Phi_0}{t}$ (2)

Από τις σχέσεις (1) και (2) προκύπτει: $\mathcal{E}_{επ_2}=2\mathcal{E}_{επ_1}$

2) β: $$\frac{Q_1}{Q_2}=\frac{I_1^2R_1\Delta t}{I_2^2R_2\Delta t}=\frac{\frac{\mathcal{E}_{επ_1}^2}{R_1^2}R_1}{\frac{\mathcal{E}_{επ_2}^2}{R_2^2}R_2}=\frac{\mathcal{E}_{επ_1}^2R_2}{\mathcal{E}_{επ_2}^2R_1}=\frac{\left(\frac{\Delta\Phi_1}{\Delta t}\right)^2}{\left(\frac{\Delta\Phi_2}{\Delta t}\right)^2}\cdot\frac{R_2}{R_1}=$$

$$=\frac{\Delta\Phi_1^2}{\Delta\Phi_2^2}\cdot\frac{R_2}{R_1}=\frac{(B\alpha^2)^2}{(B\pi\alpha^2)^2}\cdot\frac{2\pi\alpha R^*}{4\alpha R^*}=\frac{1}{2\pi}$$

ΘΕΜΑ 3ο

α) $A=\alpha^2=16\cdot 10^{-2}m^2$

$\mathcal{E}_{επ_1}=\frac{|\Delta\Phi_1|}{\Delta t}$ ή $\mathcal{E}_{επ_1}=\frac{|\Phi_1-\Phi_0|}{\Delta t}$ ή

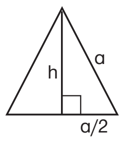
$\mathcal{E}_{επ_1}=\frac{|BAσυν180°-BA|}{\Delta t}$ ή $\mathcal{E}_{επ_1}=\frac{2BA}{\Delta t}=0{,}8V$

β) $\mathcal{E}_{επ_2}=\frac{|\Delta\Phi_2|}{\Delta t}$ ή $\mathcal{E}_{επ_2}=\frac{|\Phi_2-\Phi_0|}{\Delta t}$ ή

$\mathcal{E}_{επ_2}=\frac{|2BAσυν120°-BA|}{\Delta t}$ ή $\mathcal{E}_{επ_2}=\frac{\left|2BA\left(-\frac{1}{2}\right)-BA\right|}{\Delta t}$ ή

$\mathcal{E}_{επ_2}=\frac{|-2BA|}{\Delta t}$ ή $\mathcal{E}_{επ_2}=\frac{2BA}{\Delta t}=0{,}8V$

ΘΕΜΑ 4ο



α) $\alpha^2=h^2+\frac{\alpha^2}{4}$ ή $\frac{3\alpha^2}{4}=h^2$ ή

$\alpha=\frac{2h}{\sqrt{3}}$ ή $\alpha=0{,}4m$

$A=\frac{\alpha h}{2}$ ή $A=4\sqrt{3}\cdot 10^{-2}m^2$

Από $t_0=0s$ έως $t_1=0{,}2s$:

$\mathcal{E}_{επ_1}=\frac{|\Delta\Phi_1|}{\Delta t_1}=\frac{|\Phi_1-\Phi_0|}{t_1-t_0}=\frac{|B_1A-B_0A|}{t_1-t_0}=\frac{A(B_1-B_0)}{t_1-t_0}=0{,}8\sqrt{3}\,V$

Από $t_1=0{,}2s$ έως $t_2=0{,}8s$:

$\mathcal{E}_{επ_2}=\frac{|\Delta\Phi_2|}{\Delta t_2}=\frac{|\Phi_2-\Phi_1|}{t_2-t_1}=\frac{|B_2A-B_1A|}{t_2-t_1}=\frac{A(B_2-B_1)}{t_2-t_1}=0V$

Από $t_2=0{,}8s$ έως $t_3=1s$:

$\mathcal{E}_{επ_3}=\frac{|\Delta\Phi_3|}{\Delta t_3}=\frac{|\Phi_3-\Phi_2|}{t_3-t_2}=\frac{A|B_3-B_2|}{t_3-t_2}=0{,}4\sqrt{3}\,V$

γ) $\Sigma\vec{F}=0$ ή $F-F_L-mg=0$ ή $F_L=F-mg$ ή

$BI\ell=F-mg$ ή $\frac{B^2\upsilon_{\text{ορ}}\ell^2}{R_{\text{ολ}}}=F-mg$ ή

$\upsilon_{\text{ορ}}=\frac{(F-mg)\left(R_1+\frac{R_{\text{ΚΛ}}}{2}\right)}{B^2\ell^2}$ ή $\upsilon_{\text{ορ}}=10m/s$

11.79) α) $\mathcal{E}_{\text{επ}}=B\upsilon\ell=B\alpha t\ell=12t$ (SI)

β) $F_L=BI\ell=\frac{B^2\upsilon\ell^2}{R_{\text{ΚΛ}}}=\frac{B^2\alpha t\ell^2}{R_{\text{ΚΛ}}}=1t$ (SI)

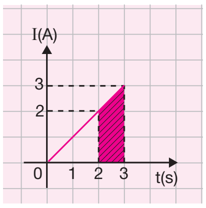
γ) Για $t_2=2s$ έχουμε: $F_L=2N$

$\Sigma\vec{F}=m\vec{\alpha}$ ή $F+mg-F_L=m\alpha$ ή $F=m\alpha-mg+F_L$ ή $F=4N$

δ) $I=\frac{B\upsilon\ell}{R_{\text{ΚΛ}}}=\frac{B\alpha t\ell}{R_{\text{ΚΛ}}}=1t$ (SI)

Για $t_2=2s$ ισχύει: $I_2=2A$

Για $t_3=3s$ ισχύει: $I_3=3A$



Το φορτίο που διέρχεται από τον αγωγό ΚΛ στη διάρκεια του τρίτου δευτερολέπτου της κίνησής του είναι ίσο αριθμητικά με το εμβαδόν του γραμμοσκιασμένου τμήματος στο διάγραμμα $I=f(t)$.

Επομένως: $q=\frac{2+3}{2}\cdot 1C=2,5C$

11.80) α) Μέχρι τη χρονική στιγμή $t_1=1s$ ο αγωγός ΚΛ εκτελεί ελεύθερη πτώση. Άρα: $\upsilon_1=gt_1=10m/s$

β) $I_1=\frac{\mathcal{E}_{\text{επ}_1}}{R_{\text{ΚΛ}}}=\frac{B\upsilon_1\ell}{R_{\text{ΚΛ}}}=5A$

$P_{\text{ΚΛ}_1}=I_1^2R_{\text{ΚΛ}}=50W$

γ) $\Sigma\vec{F}=0$ ή $mg-F_{L_{\text{ορ}}}=0$ ή $F_{L_{\text{ορ}}}=mg$ ή

$\frac{B^2\upsilon_{\text{ορ}}\ell^2}{R_{\text{ΚΛ}}}=mg$ ή $\upsilon_{\text{ορ}}=\frac{mgR_{\text{ΚΛ}}}{B^2\ell^2}$ ή $\upsilon_{\text{ορ}}=20m/s$

δ) $\frac{\Delta p}{\Delta t}=\Sigma F$ ή $mg-F_L'=\frac{\Delta p}{\Delta t}$ ή $F_L'=mg-\frac{\Delta p}{\Delta t}$ ή

$\frac{B^2\upsilon'\ell^2}{R_{\text{ΚΛ}}}=mg-\frac{\Delta p}{\Delta t}$ ή $\upsilon'=\frac{\left(mg-\frac{\Delta p}{\Delta t}\right)R_{\text{ΚΛ}}}{B^2\ell^2}$ ή $\upsilon'=15m/s$

$p'=m\upsilon'=15kg\cdot m/s$

11.81) α) $\Sigma\vec{F}=0$ ή $mg-F-F_L=0$ ή $F_L=mg-F$ ή

$\frac{B^2\upsilon\ell^2}{R_{\text{ΚΛ}}+R_1}=mg-F$ ή $\upsilon=\frac{(mg-F)(R_{\text{ΚΛ}}+R_1)}{B^2\ell^2}$ ή $\upsilon=4m/s$

β) $I=\frac{B\upsilon\ell}{R_{\text{ολ}}}=2A$, $P_{R_1}=I^2R_1=4W$

γ) $Q=I^2R_{\text{ΚΛ}}\Delta t=I^2R_{\text{ΚΛ}}\frac{\Delta x}{\upsilon}=8J$

δ) $\Sigma\vec{F}=0$ ή $F_{L_{\text{ορ}}}=mg$ ή $\frac{B^2\upsilon_{\text{ορ}}\ell^2}{R_{\text{ΚΛ}}+R_1}=mg$ ή

$\upsilon_{\text{ορ}}=\frac{mg(R_{\text{ΚΛ}}+R_1)}{B^2\ell^2}$ ή $\upsilon_{\text{ορ}}=20m/s$

11.82) α$_1$) $P_\kappa=V_\kappa I_\kappa$ ή $I_\kappa=\frac{P_\kappa}{V_\kappa}$ ή $I_\kappa=2A$

$R_\Lambda=\frac{V_\kappa}{I_\kappa}=6\Omega$

α$_2$) $\Sigma\vec{F}=m\vec{\alpha}$ ή $F-F_L=m\alpha$ ή $2+0,2t-\frac{B^2\upsilon\ell^2}{R_{\text{ΚΛ}}+R_\Lambda}=m\alpha$ ή

$2+0,2t-\frac{B^2\alpha t\ell^2}{R_{\text{ΚΛ}}+R_\Lambda}=m\alpha$ ή $2+0,2t-0,2t=m\alpha$ ή $m=1kg$

α$_3$) $I_\kappa=\frac{B\upsilon_1\ell}{R_{\text{ολ}}}$ ή $I_\kappa=\frac{B\alpha t_1\ell}{R_{\text{ΚΛ}}+R_\Lambda}$ ή $t_1=\frac{I_\kappa(R_{\text{ΚΛ}}+R_\Lambda)}{B\alpha\ell}$ ή

$t_1=10s$

Β. $\upsilon_1=\alpha t_1=20m/s$, $\upsilon_1'=\frac{80}{100}\upsilon_1=16m/s$

$Q=\frac{1}{2}m\upsilon_1^2-\frac{1}{2}m\upsilon_1'^2$ ή $Q=72J$

11.83) α) $R_{\text{ολ}}=R_{1,2}+R_{\text{ΚΛ}}=\frac{R_1R_2}{R_1+R_2}+R_{\text{ΚΛ}}=4\Omega$

$I=\frac{B\upsilon_0\ell}{R_{\text{ολ}}}=2A$

β) $I_1=\frac{V_{\text{ΚΛ}}}{R_1}=\frac{\mathcal{E}_{\text{επ}_0}-IR_{\text{ΚΛ}}}{R_1}=\frac{B\upsilon_0\ell-IR_{\text{ΚΛ}}}{R_1}=1,6A$ και

$P_{R_1}=I_1^2R_1=5,12W$

$I_2=I-I_1=0,4A$ και $P_{R_2}=I_2^2R_2=1,28W$

γ) $\Sigma\vec{F}=0$ ή $F_{L_{\text{ορ}}}=F$ ή $\frac{B^2\upsilon_{\text{ορ}}\ell^2}{R_{\text{ολ}}}=F$ ή $\upsilon_{\text{ορ}}=\frac{FR_{\text{ολ}}}{B^2\ell^2}$ ή

$\upsilon_{\text{ορ}}=25m/s$

δ) $P_F=F\upsilon'=50W$

11.84) α) $I=\frac{\mathcal{E}_{\text{επ}}}{R_{\text{ολ}}}=\frac{B\upsilon\ell}{R_{\text{ΚΛ}}+R_1}=0,5A$

$V_{\text{ΚΛ}}=\mathcal{E}_{\text{επ}}-IR_{\text{ΚΛ}}=B\upsilon\ell-IR_{\text{ΚΛ}}=2V$

β) $\Sigma\vec{F}=0$ ή $F-T-F_L=0$ ή $T=F-F_L$ ή $T=F-\frac{B^2\upsilon\ell^2}{R_{\text{ολ}}}$

ή $T=3,5N$

γ) $\frac{\Delta E_{\text{προσφ}}}{\Delta t}=P_F=F\upsilon=16W$

δ) $P_{R_1}=I^2R_1=1W$ και $P_{R_{\text{ΚΛ}}}=I^2R_{\text{ΚΛ}}=1W$

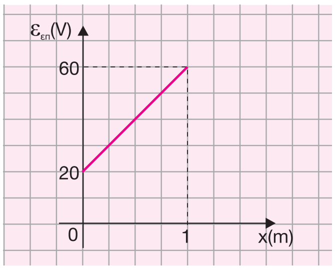
ε) $\frac{\Delta E_{\text{θερμ}}}{\Delta t}=|-T\upsilon|=14W$

Διορθώθηκε η τιμή του υ΄

Διορθώθηκε η τιμή του p΄

Για $x_0=0$ έχουμε: $\mathcal{E}_{\varepsilon\pi_0}=20V$

Για $x_1=1m$ έχουμε: $\mathcal{E}_{\varepsilon\pi_1}=60V$



13.31) α$_1$) $\mathcal{E}_{\varepsilon\pi}=\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ ή $\mathcal{E}_{\varepsilon\pi}=B\frac{\Delta A}{\Delta t}=B\frac{\left[\pi(\ell+\ell')^2-\pi\ell'^2\right]}{T}=$

$=\frac{B\pi}{\frac{2\pi}{\omega}}\left[(\ell+\ell')^2-\ell'^2\right]$ ή $\mathcal{E}_{\varepsilon\pi}=\frac{B\omega}{2}\left[(\ell+\ell')^2-\ell'^2\right]$ ή $\mathcal{E}_{\varepsilon\pi}=12V$

α$_2$) $R_{o\lambda}=R_{1,2}+R_3$ ή $R_{o\lambda}=\frac{R_1R_2}{R_1+R_2}+R_3$ ή $R_{o\lambda}=12\Omega$

$I=\frac{\mathcal{E}_{\varepsilon\pi}}{R_{o\lambda}}$ ή $I=1A$

α$_3$) $I_3=I$ και $P_3=I_3^2R_3$ ή $P_3=8W$

$V_{1,2}=IR_{1,2}$ ή $V_{1,2}=4V$, άρα:

$I_1=\frac{V_{1,2}}{R_1}$ ή $I_1=\frac{2}{3}A$ και $P_1=I_1^2R_1$ ή $P_1=\frac{8}{3}W$

$I_2=\frac{V_{1,2}}{R_2}$ ή $I_2=\frac{1}{3}A$ και $P_2=I_2^2R_2$ ή $P_2=\frac{4}{3}W$

Β. $\alpha_K=\omega'^2\left(\ell'+\frac{\ell}{2}\right)$ ή $\omega'^2=\frac{\alpha_K}{\ell'+\frac{\ell}{2}}$ ή $\omega'=20rad/s$

$\mathcal{E}'_{\varepsilon\pi}=\frac{B\omega'}{2}\left[(\ell+\ell')^2-\ell'^2\right]$ ή $\mathcal{E}'_{\varepsilon\pi}=15V$

$\pi_{\mathcal{E}_{\varepsilon\pi}}\%=\frac{\mathcal{E}'_{\varepsilon\pi}-\mathcal{E}_{\varepsilon\pi}}{\mathcal{E}_{\varepsilon\pi}}100\%$ ή $\pi_{\mathcal{E}_{\varepsilon\pi}}\%=25\%$

13.32) α) $\mathcal{E}_{\varepsilon\pi}=I_1\left(R_{N\Lambda}+R_1\right)$ ή $\mathcal{E}_{\varepsilon\pi}=2\left(R_{N\Lambda}+2,6\right)$ (1)

$\mathcal{E}_{\varepsilon\pi}=I_2\left(R_{N\Lambda}+R_2\right)$ ή $\mathcal{E}_{\varepsilon\pi}=1\left(R_{N\Lambda}+5,8\right)$ (2)

Από τις σχέσεις (1) και (2) προκύπτει:

$2\left(R_{N\Lambda}+2,6\right)=R_{N\Lambda}+5,8$ ή $R_{N\Lambda}=0,62\ \Omega$

Επομένως: $\mathcal{E}_{\varepsilon\pi}=I_1(R_{N\Lambda}+R_1)$ ή $\mathcal{E}_{\varepsilon\pi}=6,4V$

β) $\mathcal{E}_{\varepsilon\pi}=\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ ή $\mathcal{E}_{\varepsilon\pi}=\frac{B\Delta A}{\Delta t}$ ή $\mathcal{E}_{\varepsilon\pi}=\frac{B\pi\left(\ell^2-x^2\right)}{T}$ ή

$\mathcal{E}_{\varepsilon\pi}=\frac{B\pi\left(\ell^2-x^2\right)\omega}{2\pi}$ ή $\mathcal{E}_{\varepsilon\pi}=\frac{B\omega\ell^2-B\omega x^2}{2}$ ή

$x^2=\frac{B\omega\ell^2-2\mathcal{E}_{\varepsilon\pi}}{B\omega}$ ή $x=0,6m$

γ) $\frac{R_{K\Lambda}}{R_{N\Lambda}}=\frac{\rho\frac{\ell}{S}}{\rho\frac{\ell-x}{S}}$ ή $\frac{R_{K\Lambda}}{R_{N\Lambda}}=\frac{\ell}{\ell-x}$ ή $R_{K\Lambda}=R_{N\Lambda}\frac{\ell}{\ell-x}$ ή

$R_{K\Lambda}=1,5\Omega$

δ) $\mathcal{E}'_{\varepsilon\pi}=\frac{1}{2}B\omega\left(KN^2-KM^2\right)$ ή $\mathcal{E}'_{\varepsilon\pi}=\frac{1}{2}B\omega\left(x^2-\frac{\ell^2}{4}\right)$ ή

$\mathcal{E}'_{\varepsilon\pi}=1,1V$

13.33) α) $\mathcal{E}_{\varepsilon\pi}=\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}=B\frac{\Delta A}{\Delta t}=B\frac{\left(\pi\ell^2-\pi\ell_1^2\right)}{T}=$

$=\frac{B\pi}{\frac{2\pi}{\omega}}\left(\ell^2-\ell_1^2\right)=\frac{1}{2}B\omega\left(\ell^2-\ell_1^2\right)$ ή $\mathcal{E}_{\varepsilon\pi}=3,6V$

β) $\frac{R_{\Gamma\Lambda}}{R_{K\Lambda}}=\frac{\rho\frac{\ell-\ell_1}{S}}{\rho\frac{\ell}{S}}$ ή $R_{\Gamma\Lambda}=R_{K\Lambda}\cdot\frac{\ell-\ell_1}{\ell}$ ή $R_{\Gamma\Lambda}=2\Omega$

$I_{\varepsilon\pi}=\frac{\mathcal{E}_{\varepsilon\pi}}{R_{o\lambda}}$ ή $I_{\varepsilon\pi}=\frac{\mathcal{E}_{\varepsilon\pi}}{R_{\Gamma\Lambda}+R_1}$ ή $I_{\varepsilon\pi}=1A$

$q=I_{\varepsilon\pi}\Delta t$ ή $N\cdot|q_e|=I_{\varepsilon\pi}\cdot\Delta t$ ή $N=\frac{I_{\varepsilon\pi}\cdot\Delta t}{|q_e|}$ ή $N=10^{20}$ ηλεκτρόνια

γ) $\Delta\vec{\alpha}_\kappa=\left(\vec{\alpha}_\kappa\right)_1-\left(\vec{\alpha}_\kappa\right)_0$ ή

$\Delta\vec{\alpha}_\kappa=\left(\vec{\alpha}_\kappa\right)_1+\left(-\vec{\alpha}_\kappa\right)_0$ ή

$\Delta\alpha_\kappa=\sqrt{\left(\alpha_\kappa^2\right)_1+\left(\alpha_\kappa^2\right)_0}$ ή

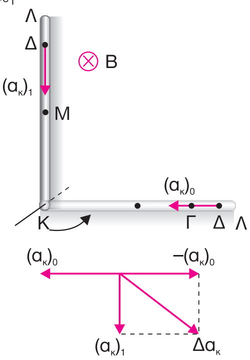
$\Delta\alpha_\kappa=\alpha_\kappa\sqrt{2}$ (1)

$\alpha_\kappa=\omega^2(K\Delta)$ ή

$\alpha_\kappa=360m/s^2$ (2)

Από τις σχέσεις (1) και (2) προκύπτει:

$\Delta\alpha_\kappa=360\sqrt{2}m/s^2$



13.34) α) $R_{o\lambda}=\frac{R_{A\Lambda}R_{\Lambda\Delta}}{R_{A\Lambda}+R_{\Lambda\Delta}}=\frac{R_{A\Lambda}R_{\Lambda\Delta}}{4}$

$I=\frac{\mathcal{E}_{\varepsilon\pi}}{R_{o\lambda}}$ ή $I=\frac{4\mathcal{E}_{\varepsilon\pi}}{R_{A\Lambda}R_{\Lambda\Delta}}$ (1)

Διορθώθηκαν οι λέξεις που υποδεικνύονται με κίτρινο χρώμα.

Από τη σχέση (1) προκύπτει ότι η ένταση του ρεύματος είναι ελάχιστη όταν το γινόμενο $R_{A\Lambda}R_{\Lambda\Delta}$ είναι μέγιστο.

$R_{A\Lambda}R_{\Lambda\Delta}=x$ ή $R_{A\Lambda}\left(R_{A\Delta}-R_{A\Lambda}\right)=x$ ή

$R_{A\Lambda}(4-R_{A\Lambda})=x$ ή

$4R_{A\Lambda}-R_{A\Lambda}^2=x$ ή $R_{A\Lambda}^2-4R_{A\Lambda}+x=0$ (2)

Για να έχει λύση στους πραγματικούς αριθμούς η εξίσωση (2), πρέπει να ισχύει:

$\Delta\geq0$ ή $16-4x\geq0$ ή $16\geq4x$ ή $x\leq4$

Άρα: $x_{max}=4$

$R_{A\Lambda}^2-4R_{A\Lambda}+4=0$ ή $\left(R_{A\Lambda}-2\right)^2=0$ ή $R_{A\Lambda}=2\Omega$

$R_{\Lambda\Delta}=R_{A\Delta}-R_{A\Lambda}$ ή $R_{\Lambda\Delta}=2\Omega$